Wiebe.

Handbuch

der

Maschinen-Kunde.

Erster Band:

Die Maschinen-Baumaterialien und deren Bearbeitung,

mit 42 gravirten Tafeln in gr. Folio,

und mit mehr als 100 in den Text gedruckten Holzschnitten

von

Friedrich Karl Herrmann Wiebe,

Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am Königlichen Gewerbe-Institut und an der Königlichen Bau-Akademie zu Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister ꝛc.

Ersten Bandes erste Abtheilung:

Von den Materialien zum Maschinenbau.

Stuttgart.

Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken.

1858.

Die
Maschinen-Baumaterialien
und
deren Bearbeitung,

eine Zusammenstellung der wichtigsten Erfahrungen

über die

Eigenschaften des Holzes und der unedlen Metalle,

sowie

über die Anlage und die Einrichtung der Schmiedewerkstätten, der Gießereien, und der mechanischen Werkstätten,

mit besonderer Berücksichtigung der in denselben gebräuchlichen Maschinen,

von

Friedrich Karl Herrmann Wiebe,

Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am Königlichen Gewerbe-Institut und an der Königlichen Bau-Akademie zu Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister ꝛc.

Mit einem Atlas von 42 Tafeln in gr. Folio,

und

mit mehr als 100 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Erste Abtheilung:
Von den Materialien zum Maschinenbau.

Stuttgart.

Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken.

1858.

Schnellpressendruck der Buchdruckerei von J. C. Mäcken Sohn in Reutlingen.

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit hat einen doppelten Zweck: sie soll einmal dem angehenden Maschinen-Ingenieur Gelegenheit bieten, sich mit den Eigenthümlichkeiten und der Bearbeitungsweise desjenigen Materials bekannt zu machen, aus welchem die Gegenstände seines Nachdenkens und seiner Erfindung hergestellt werden können, — sie soll aber zweitens auch dem bewährten Praktiker eine geordnete Zusammenstellung von Erfahrungsresultaten und von ausgeführten Constructionen und Anlagen geben, die er bei seinen Arbeiten, Entwürfen und Ausführungen mit Erfolg benutzen kann. — Ueber die Wichtigkeit dieses Zweckes ist wohl kaum eine Erörterung nöthig; sie wird allen Denen, die in dieser Beziehung Sachverständige sind, aus Erfahrung vollkommen bekannt sein; wie weit aber die vorliegende Arbeit das Mittel zur Erreichung dieses Zweckes gewährt, darüber muß der Verfasser das Urtheil Denen anheimstellen, die von seiner Arbeit Gebrauch machen wollen. Nur wenige Worte mögen zur Berücksichtigung bei der Beurtheilung der vorliegenden Arbeit vergönnt sein.

Es liegt in der Natur jeder Erfahrungswissenschaft, daß dieselbe erst durch eine Summe von Erfahrungen vieler einzelner Beobachter begründet wird. Solche Erfahrungen über die Eigenschaften der Maschinen-

baumaterialien zu sammeln, sie nach einem bestimmten System zu ordnen, sie miteinander in Uebereinstimmung und Verbindung zu bringen, und endlich sie in manchen Stücken zu ergänzen und zu berichtigen, bildeten den ersten Theil der Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt hatte. Als besonders wichtige Vorarbeiten für diesen Zweck sind die zahlreichen Notizen und Mittheilungen benutzt worden, welche Karmarsch in seinem Handbuch der mechanischen Technologie und Schubarth in seinem Handbuch der technischen Chemie niedergelegt haben; ferner gab die Arbeit Morin's über die Festigkeit der Materialien und eine Reihe von Aufsätzen in verschiedenen englischen und deutschen Journalen, namentlich im **Civil-Engineer and Architects-Journal**, im **Practical-Mechanics Magazine**, in der Berliner Zeitschrift für Bauwesen und im Polytechnischen Centralblatt ein sehr ausgedehntes Material, welches der Bearbeitung und Sichtung unterworfen worden ist; endlich sind noch einige Artikel in **Appleton's Dictionary of Mechanics, Machinists, Engine-works and Engineering** benutzt worden.

Der zweite Theil der Aufgabe bestand darin, die Bearbeitung der Maschinenbaumaterialien in Maschinenfabriken, sowie die Einrichtung und Anordnung dieser Fabriken in einem systematischen Vortrage zu behandeln und durch Beispiele in Zeichnungen zu erläutern. Hier hatte der Verfasser Gelegenheit eine große Zahl eigener Erfahrungen und Beobachtungen zu benutzen und dieselben mit den Mittheilungen mehrerer ihm befreundeter Techniker zu verbinden. Das Feld, welches bei der Bearbeitung dieses Theiles sich darbietet, ist so außerordentlich ausgedehnt, daß der Verfasser auf eine erschöpfende Erledigung aller hier in Betracht kommenden Fragen verzichten mußte. In vielen Fällen konnten nur die Prinzipien, in andern nur die wichtigsten Thatsachen mitgetheilt werden, überall aber hat der Verfasser besondere Aufmerksamkeit auf den mechanischen Theil und auf die Angabe und Feststellung derjenigen Ver-

hältnisse verwandt, welche bei der Construction und bei der Berechnung von Oefen, Maschinen und Räumlichkeiten die maaßgebenden sind und die Grundlage bilden. Hier fehlten, mit wenigen Ausnahmen, fast alle Vorarbeiten, oder es waren wenigstens die vorhandenen überaus unvollständig und lückenhaft, so daß der Verfasser fast ganz auf eigene Beobachtungen und auf eigene Theorien angewiesen war. Als einige Beispiele in dieser Beziehung mögen die Berechnung der Ventilatoren, der mechanischen Hämmer, der Oefen für Gießereien, sowie die Bestimmung der zu den verschiedenen Werkstätten erforderlichen Räumlichkeiten, ferner die Ermittelung des größten Druckes und des Arbeits-Momentes der Scheeren, der Drehbänke, Hobelmaschinen und der übrigen Werkzeugmaschinen, endlich die Theorie dieser Werkzeugmaschinen gelten.

Was nun die mitgetheilten Zeichnungen anbetrifft, so hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, nur ausgeführte Einrichtungen zu geben. Hierbei hat er besonders die in Deutschland und namentlich in den durch ihre Arbeiten rühmlichst bekannten Berliner Maschinenfabriken üblichen Constructionen berücksichtigt; nur in wenigen Fällen sind Mittheilungen aus **Armengaud publication industrielle** und aus **The Engineer and Machinist's Assistant** als Ergänzungen benutzt worden. Ueberall sind die Quellen gewissenhaft angegeben worden.

Die Mittheilung so vieler neuer und bisher noch nicht im Buchhandel veröffentlichter Constructionen hat der Verfasser zum Theil den trefflichen Einrichtungen der mechanischen Werkstatt des Königl. Gewerbe-Institutes zu Berlin, zum Theil aber auch, wie er hier rühmend anerkennen muß, einem Vereine der Studirenden des Königl. Gewerbe-Instituts zu verdanken, welcher unter dem Namen „die Hütte" sich unter andern die Aufgabe gestellt hat, neue und bewährte Maschinen und technische Einrichtungen aufzunehmen, und durch Lithographie in möglichst vollständigen Details und in angemessen großem Maaßstabe seinen Mitgliedern zugäng-

lich zu machen. Endlich hat der Verfasser für viele werthvolle Mittheilungen mehreren befreundeten Technikern zu danken, welche ihm dieselben entweder im Original zugehen ließen, oder wenigstens deren Aufnahme gestatteten.

Eine große Freude würde es dem Verfasser gewähren, wenn er durch seine Arbeit nicht allein berathend und belehrend auf seine Leser wirkte, sondern auch fördernd und zu neuen Beobachtungen und Versuchen anregend. Jede Mittheilung neuer Thatsachen oder jede Berichtigung früherer Beobachtungen wird er mit Dank zur Vervollkommnung dieses Werkes benutzen. — Möge dasselbe eine wohlwollende Aufnahme finden!

Berlin, den 1. September 1857.

F. K. H. Wiebe.

Inhalts-Verzeichniß.

Einleitung.

Erste Abtheilung.

Von den Materialien zum Maschinenbau.

Erster Abschnitt.

Das Holz.

Zweiter Abschnitt.

Das Eisen.

Dritter Abschnitt.

Kupfer, Zinn, Blei, Wismuth und deren Legirungen.

Zweite Abtheilung.

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

Vierter Abschnitt.

Von den Schmiedewerkstätten.

Fünfter Abschnitt.

Von den Gießereien.

Sechster Abschnitt.

Von den mechanischen Werkstätten.

Verzeichniß der Kupfertafeln.

Verzeichniß der bemerkten sinnentstellenden Druckfehler.

Durch ein Versehen ist durchgängig in allen Noten, welche die Reduktion der Angaben in Zollpfunden pro 1 preußischen Quadratzoll auf Kilogrammes pro 1 Quadratcentimeter feststellen, anstatt der Zahl **0,0731** gesetzt worden 0,731. Es muß also heißen:

„Die Zahlen dieser Kolumne sind mit **0,0731** zu multipliciren, um den Werth in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten";

in den Noten: S. 158 — S. 161 — S. 162 — S. 164 — S. 165 — S. 166 — S. 167 — S. 168 — S. 169 — S. 173 — S. 174 — S. 177 — S. 180 — S. 182 — S. 183 — S. 184 — S. 193 — S. 201 — S. 205 — S. 207 — S. 209 — S. 210 — S. 215 — S. 217 — S. 218 — S. 219 — S. 220 — S. 221 — S. 222.

S. 37, Zeile 3 von unten soll es heißen: Glasgow anstatt Gloskow.

S. 68, Zeile 15 von oben soll es heißen: von Männern anstatt den Männern.

S. 70, Zeile 5 von oben soll es heißen: lebhaftern anstatt lebhaften.

S. 73, Zeile 2 von oben sind hinter behält die Worte „bei der Erwärmung" zu ergänzen.

S. 96, Zeile 21 von oben soll es heißen: in den Mill-bars, anstatt in der Mill-bars.

S. 108, Zeile 17 von unten soll es heißen: $18^3/_4$ anstatt $8^3/_4$.

S. 125, Zeile 12 von unten soll es heißen: sich nicht nur auf künstlichem Wege, anstatt sich nicht auf künstlichem Wege.

S. 133, Zeile 16 und 17 von unten soll es heißen: Atomen anstatt Atome.

S. 140, Zeile 6 von unten soll es heißen: Versuchsreihen anstatt Versuchsweisen.

S. 153, Zeile 11 von oben soll es heißen: schädlichen anstatt schädliche.

S. 159, Zeile 9 von unten soll es heißen: keiner anstatt keine.

S. 192, Zeile 11 von unten soll es heißen: a) für den an beiden Enden frei aufliegenden Balken

$$\delta = {}^1/_{48}\,\frac{(P + {}^5/_8\,pL)\,L^3}{BE\left(1 + \beta\,\frac{a}{A}\right)}$$ anstatt $\delta = {}^1/_3$ u. s. w.

S. 201, in der Note Zeile 3 von unten soll es heißen: 510 anstatt 5100.

Zeile 2 von unten soll es heißen: 495 anstatt 4950 und 220 anstatt 2200.

Zeile 1 von unten soll es heißen: 826 anstatt 8260 und 510 anstatt 5100.

S. 204, Zeile 12 von oben soll es heißen: wirkenden anstatt wirkende.

S. 215, Zeile 2 von oben soll es heißen: Dicke anstatt Länge.

S. 239, Zeile 5 von unten soll es heißen: allen anstatt beiden.

S. 239, Zeile 16 von unten sind hinter Schmiedeeisen die Worte „und Roheisen" zu ergänzen.

S. 269, Zeile 18 von oben soll es heißen: nicht zu warm werden anstatt nicht warm werden.

S. 271, Zeile 11 von oben soll es heißen: die entgegengesetzten anstatt dieselben.

S. 272, Zeile 13 von oben soll es heißen: sichereres anstatt sicheres.

Verzeichniß derjenigen Werke, welche in den Noten mit abgekürztem Titel aufgeführt sind.

Civ. Eng. a. Arch. J. The Civil-Engineer and Architects-Journal.

Masch. Thl. Die Lehre von den einfachen Maschinentheilen von Friedrich Karl Herrmann Wiebe. Berlin 1854.

Mech. Techn. Handbuch der mechanischen Technologie von Carl Karmarsch. Zweite Auflage. Hannover 1851.

Tech. Chem. Handbuch der technischen Chemie von Ernst Ludwig Schubarth. Dritte Ausgabe. Berlin 1839.

Techn. Wörterb. Technisches Wörterbuch, oder Handbuch der Gewerbekunde von Karl Karmarsch und Dr. Friedrich Heeren. Prag 1854.

Einleitung.

§. 1.

Allgemeine Anordnung der Maschinen.

Alle diejenigen Vorrichtungen, durch welche die Wirkungen mechanischer Kräfte so umgeändert werden, daß sie zur Verrichtung irgend einer beabsichtigten technischen Arbeit nutzbar werden, nennen wir Maschinen.

Die Anordnung und Einrichtung der Maschinen ist hiernach im Allgemeinen bedingt:

a) durch die Beschaffenheit und Eigenthümlichkeiten der mechanischen Kraft, welche zur Bewegung der Maschine dient,

b) durch die Art der mittelst der Maschine zu verrichtenden Arbeit,

c) durch die Räumlichkeit und die besondern Umstände, welche für die Uebertragung, Fortpflanzung, Umwandelung und Regulirung der Bewegung gegeben sind.

Diesen drei Bedingungen entsprechen in jeder Maschine ganz bestimmte Theile, die sehr verschiedenen Umfang und sehr verschiedene Einrichtung haben können, bei manchen Maschinen ganz entschieden charakteristisch hervortreten, bei andern dagegen in einander übergehend und verschwimmend erscheinen, immer aber bei genauer Betrachtung der Maschine erkennbar sind.

Diese drei Haupttheile jeder Maschine sind:

1) derjenige Theil, auf welchen die bewegende Kraft unmittelbar einwirkt, der diese Kraft zuerst aufnimmt, um sie dann weiter zu übertragen. Diesen Theil nennen wir den Receptor, den empfangenden Theil, die Vormaschine;

2) derjenige Theil der Maschine, welcher die nutzbare Arbeit wirklich verrichtet, der also den letzten Zweck der Maschine erfüllt, und welchen wir den Operator, den arbeitenden Theil, die Hintermaschine nennen;

3) derjenige Theil, welcher die bewegende Kraft, die der Receptor empfangen hat, weiter fortführt, sie der Geschwindigkeit, der Richtung und der Art ihrer Wirkung nach umwandelt, um sie so geschickt und geeignet zu machen für den Operator. Diesen Theil nennen wir die Transmission, den übertragenden Theil, die Zwischenmaschine.

Bei einer Winde z. B., die durch Menschen bewegt wird, erscheint die Kurbel, an welcher die Arbeiter wirken, als der empfangende Theil, die

Welle und das Räderwerk mit den Gerüsten als die Zwischenmaschine, und die Windetrommel mit dem Seil oder der Kette als der Operator. Betrachten wir eine Drehbank zum Abdrehen von Holz oder Metall, so ist die Schnur- oder Riemscheibe oder auch das Trittbrett der Receptor, die Spindel oder die Planscheibe der übertragende Theil, und der Support mit dem Stichel der Operator.

In Maschinen, weche eine große Ausdehnung haben, bei denen die zu verrichtende nutzbare Arbeit eine complicirtere Gestalt annimmt, und welche daher aus einer großen Zahl von einzelnen Theilen bestehen, gestalten sich diese drei Haupttheile zu mehr oder minder ausgedehnten Gruppen von Maschinentheilen. Bei einer Mahlmühle z. B., die durch Wasserkraft betrieben wird, ist das Wasserrad mit dem Gerinne und den Schützvorrichtungen die Vormaschine, die Mahlgänge, die Beutel- und Reinigungsmaschinen u. s. w. bilden die arbeitenden Theile, und die verschiedenen Wellen und Räder stellen die Transmission dar.

Wenn solcher Gestalt die drei Haupttheile einer Maschine wieder aus einer größern Zahl von einzelnen Theilen bestehen, so pflegt man jene drei Haupttheile häufig als Maschinen für sich aufzufassen. Man könnte z. B. das Wasserrad mit Zubehör als besondere Maschine betrachten, indem man das Gerinne, die Schütze und die Schaufeln als den Receptor dieser Maschine ansieht, die Arme des Wasserrades und die Welle als den übertragenden Theil, und das auf der Welle befindliche Rad als den arbeitenden Theil, insofern nämlich die nutzbare Arbeit, welche als Zweck des Wasserrades erscheint, darin besteht, daß dasselbe die Wasserkraft für die Bewegung des Mühlwerkes nutzbar macht. Ebenso könnte man die Mahlgänge als besondere Maschinen auffassen, wenn man die Riemscheibe, oder das Getriebe auf dem Mühleisen als Receptor, das Mühleisen mit der Haue als Transmission und die Mühlsteine als Operator ansieht.

Diese gruppenweise Zusammenfassung einzelner Theile größerer Maschinen erleichtert in vielen Fällen die Betrachtung der Maschinen selbst. Es kommt hinzu, daß die Zahl derjenigen Kräfte, die man zum Betriebe von Maschinen in der Technik anwenden kann, eine sehr beschränkte ist, daß gewisse Mittel bestehen, diese Kräfte zum Betriebe von Maschinen nutzbar zu machen, und daß diese Mittel im Allgemeinen nur in sehr untergeordneter Weise durch die Natur der schließlich zu verrichtenden nützlichen Arbeit modifizirt werden. Man pflegt daher diese Mittel zur Nutzbarmachung der bewegenden Kräfte häufig als selbstständige Maschinen zu betrachten, und bezeichnet sie demgemäß als Motoren oder Kraftmaschinen.

Kurbeln, Lauf- und Treträder, Hebel und Ziehräder sind die wichtigsten Motoren für die Nutzbarmachung der bewegenden Kraft der Menschen.

Göpel, Tretscheiben, Laufräder, Wagen rc. sind Kraftmaschinen, durch welche die bewegende Kraft der Thiere zum Betriebe von Maschinen nutzbar gemacht werden.

Windflügel, Wasserräder, Dampfmaschinen sind Motoren, um die bewegende Kraft des Windes, des Wassers und des Dampfes so umzuformen, daß durch dieselben Maschinen getrieben werden können.

Sowie hiernach die Receptoren größerer Maschinen als selbstständige Maschinen für sich betrachtet werden können, so lassen sich auch, wie wir oben

gesehen haben, die Operatoren in vielen Fällen als besondere Maschinen auffassen. Die nutzbaren Arbeiten, welche die Maschinen zu verrichten haben, sind zwar ihrer Art und Beschaffenheit nach viel zahlreicher, als die Betriebskräfte der Maschinen, allein sie lassen sich doch im Allgemeinen in bestimmte Gruppen ordnen, und die Operatoren, welche zur Verrichtung einer bestimmten Gruppe dieser Arbeiten dienen, haben eine gewisse Uebereinstimmung in der Anordnung und können daher als eine bestimmte Gruppe von Maschinen angesehen werden.

Wenn man die Operatoren als besondere Maschinen betrachtet, so pflegt man diese Reihe von Maschinen „Arbeits-Maschinen", auch fabricirende Maschinen, zu nennen, und nach der Art der zu verrichtenden Arbeit bezeichnet man jene Gruppen von Arbeitsmaschinen als „Spinnmaschinen", „Mühlen", „landwirthschaftliche Maschinen", „Transportmaschinen", „Fördermaschinen" u. s. w. u. s. w.

Zwischen den Motoren und den Arbeits-Maschinen liegen nun jene Theile, die wir als Transmission bezeichnet haben. Die Bedingungen, welche zu erfüllen sind, um die bewegende Kraft, welche der Motor abgibt, so umzugestalten, daß sie an einer bestimmten Stelle geeignet ist eine Arbeitsmaschine zu treiben, sind zwar ziemlich mannigfacher Art, allein sie lassen sich doch wiederum bei genauerer kritischer Untersuchung auf gewisse Grundbedingungen zurückführen, welche in mehr oder weniger verzweigten Combinationen sich bei allen Maschinen wiederholen und meistens hervorgehen aus der Art und Weise, wie man die verschiedenen Arbeits-Maschinen mit den verschiedenen Motoren zusammenstellt. Diese Grundbedingungen für die Fortpflanzung, Uebertragung, Umwandelung und Regulirung der Bewegung, sind im Allgemeinen durch bestimmte Mittel zu erfüllen, und diesen bestimmten Mitteln entsprechen gewisse Formen und Constructionen der einzelnen Theile der Transmission. Solche, fast bei allen Maschinen in den verschiedensten Combinationen vorkommenden Theile pflegt man einfache Maschinentheile (Maschinendetails) zu nennen. Hierher gehören zum Beispiel die Räder, Wellen, Lager, Kuppelungen, die Theile zur Befestigung und Unterstützung der Maschinentheile u. s. w.

Kenntniß der einfachen Maschinentheile und Gewandtheit und Uebung in ihrer Berechnung und Anwendung sind Haupterfordernisse für jeden Constructeur von Maschinen, und müssen hier vorausgesetzt werden. Die „Lehre von den einfachen Maschinentheilen" ist der Gegenstand einer besondern Schrift des Verfassers, auf welche derselbe in vorliegendem Werke mehrfach Bezug nehmen wird*).

§. 2.

Erfindung und Ausführung der Maschinen.

Wie auch immer die Arbeit, welche die Maschine verrichten soll, beschaffen sein mag, welchen Motor zur Bewegung der Arbeits-Maschine man anwenden

*) Die Lehre von den einfachen Maschinentheilen von Friedrich Karl Herrmann Wiebe. Drei Theile. Berlin bei Ernst und Korn.

mag, und in welcher Weise endlich auch immer die Transmission gestaltet werden mag: so ist die Erbauung von Maschinen doch stets mit einer zwiefachen menschlichen Thätigkeit verbunden.

Den ersten Theil dieser Thätigkeit wollen wir die Erfindung, den andern Theil die Ausführung nennen.

Die Erfindung hat zunächst die vorliegende Aufgabe, welche in der Herstellung einer gegebenen Arbeit durch die Maschine besteht, genau zu untersuchen, die Eigenthümlichkeiten und die Bedingungen dieser Arbeit zu entwickeln und endlich die Mittel zu betrachten und sich klar zu machen, durch welche jene Eigenthümlichkeiten und Bedingungen zu erfüllen sind, damit die geforderte Arbeit in möglichster Vollkommenheit, Leichtigkeit, Einfachheit und Geschwindigkeit dargestellt werde.

Hiernach hat die erfindende Thätigkeit diejenigen Formen, Verhältnisse, Dimensionen und Anordnungen der einzelnen körperlichen Theile festzustellen, durch welche jene Mittel zur Anwendung kommen können, und dabei die Eigenthümlichkeiten der Materialien zu berücksichtigen, durch welche die Möglichkeit der Darstellung jener Theile bedingt ist. Das nächste Resultat dieser erfindenden Thätigkeit ist die Herstellung einer Zeichnung der ganzen Maschine und ihrer einzelnen Theile. Diese Zeichnung bildet die Grundlage der Ausführung.

Die Ausführung hat sich zunächst mit der körperlichen Herstellung der einzelnen Theile der erfundenen Maschine aus geeigneten Materialien zu beschäftigen; sodann diese einzelnen Theile zusammenzufügen und zu einer Maschine zu vereinigen, und endlich diese Maschine in Gang zu bringen und die Möglichkeit der Herstellung der beabsichtigten Arbeit nachzuweisen.

Hiernach zerfällt die ausführende Thätigkeit des Maschinenbaues in drei Hauptabschnitte:

1) die Herstellung der einzelnen Theile aus geeigneten Materialien, welche Thätigkeit man als die Anfertigung der Maschinentheile oder als Bearbeitung der Materialien zu Maschinentheilen bezeichnen kann;
2) die Zusammensetzung oder die Aufstellung (das Montiren) der Maschinen;
3) das in Gangsetzen oder Ajustiren der Maschinen.

Die Herstellung der einzelnen Theile der Maschinen ist meist von der Form derselben und von dem Material, aus welchem sie hergestellt werden sollen, abhängig, sie wird nur in sehr untergeordneter Weise durch den Zweck der Maschine bedingt, wenigstens ist es nicht Sache der Herstellung, sondern vielmehr Sache der erfindenden Thätigkeit, das geeignete Material und die passende Form nach dem Zweck der Maschine zu ermessen und vorher anzugeben. Ueber die Mittel zur Herstellung der Maschinentheile lassen sich also Gesichtspunkte auffinden und Untersuchungen anstellen, welche ganz unabhängig sind von dem Zwecke, den die Maschine, für welche sie bestimmt sind, später erfüllen soll. Es ist z. B. im Allgemeinen gleichgiltig für die Herstellung eines Cylinders, ob derselbe später für ein Gebläse, für eine Dampfmaschine oder für eine Pumpe dienen soll; in Bezug auf diese Herstellung selbst wird es wesentlich von dem Material, der Form und den Dimensionen abhängig sein, welche Mittel man

zum Formen, Ausbohren, Abdrehen u. s. w. des Cylinders zu wählen hat. Hiernach wird es gewisse Mittel für die Herstellung der Maschinentheile geben, die lediglich durch die Eigenthümlichkeiten der Form und des Materials bedingt sind. Diese Mittel bilden einen wesentlichen Gegenstand der vorliegenden Arbeit, sie wiederholen sich in allen Maschinenbau-Anstalten und Maschinen-Fabriken in größerer oder geringerer Ausdehnung und Zahl, in den verschiedensten Dimensionen und Anordnungen, und bilden die ersten und wichtigsten Grundlagen für eine zweckmäßige Herstellung und tüchtige Ausführung der Maschinen. —

Die Aufstellung oder Montirung der Maschinen zerfällt im Allgemeinen in eine vorläufige Zusammensetzung und in eine definitive. Die vorläufige Zusammensetzung erfolgt gewöhnlich in der Maschinenfabrik selbst; es kommt dabei darauf an, die einzelnen Theile zusammenzupassen, gewisse Formen derselben, die von den Formen anderer Theile bedingt werden, herzustellen oder zu reguliren, und die einzelnen Theile aneinander zu befestigen, oder doch die Mittel für ihre Befestigung vorzubereiten. Die definitive Aufstellung erfolgt dagegen an dem Orte selbst, wo die Maschine in Wirksamkeit kommen soll, und folglich im Allgemeinen außerhalb der Maschinenfabrik.

Während die vorläufige Aufstellung gewissermaßen den Abschluß der Herstellung der Maschinentheile bildet, und gewissen Regeln und Verfahrungsweisen unterworfen ist, die eine allgemeinere Betrachtung zulassen, ist die definitive Aufstellung der Maschinen sehr wesentlich durch den Zweck und die Lokalität der Maschine bedingt, und es lassen sich darüber nicht wohl viel allgemeine Vorschriften und Bedingungen aufstellen. Die Thätigkeit, welche die definitive Aufstellung erfordert, ist mehr ordnender als producirender Natur, und wir werden daher hier nur die bei der vorläufigen Aufstellung erforderlichen Operationen und die für dieselbe dienenden Maschinen in den Kreis unserer Betrachtung ziehen können.

Uebrigens fällt die vorläufige Aufstellung namentlich bei kleinen Maschinen oft vollständig mit der definitiven zusammen, oder es bleibt vielmehr für letztere oft nur eine sehr untergeordnete Thätigkeit übrig. Dies findet statt, wenn die Maschinen in der Fabrik selbst vollständig zusammengefügt werden, und in diesem Zustande dieselbe verlassen.

Was nun endlich die Ajustirung der Maschinen anbetrifft, so ist die hierauf gerichtete Thätigkeit so sehr durch die Art und den Zweck der Maschine bedingt, und so sehr von der Ueberlegung und geistigen Thätigkeit einerseits, und von der manuellen Geschicklichkeit andrerseits abhängig, daß auch hierüber sich nicht gut allgemeine Regeln feststellen lassen.

§. 3.

Herstellung der Maschinentheile.

Nach dem vorigen Paragraphen haben wir uns hier mit der Herstellung der Maschinentheile aus gegebenen Materialien und mit der vorläufigen Zusammenstellung derselben zu Maschinen zu beschäftigen.

Die Herstellung der Maschinentheile aus gegebenen Materialien kommt darauf hinaus, bestimmte Formen aus diesen Materialien zu erzeugen, oder mit andern Worten, die vorhandene Form der Materialien so zu verändern, daß daraus bestimmte beabsichtigte Formen entstehen. Die Herstellung der Maschinentheile ist daher im Wesentlichen eine Form-Veränderung der Materialien zu Maschinentheilen. Den Inbegriff der verschiedenen Operationen, welche behufs dieser Form-Veränderung zur Anwendung kommen, nennt man die Bearbeitung der Materialien.

Die Bearbeitung der Materialien ist zunächst durch zwei Rücksichten bedingt:

1) durch die Eigenschaften der Materialien, die man zu bearbeiten hat, und
2) durch die Form, welche diese Materialien in dem Augenblick besitzen, wo man anfängt sie zu bearbeiten, im Verhältniß zu der Form, in welche sie gebracht werden sollen.

Hiernach würden naturgemäß die Betrachtungen, welche wir über die Herstellung von Maschinentheilen anzustellen haben, zunächst in zwei Haupt-Abschnitte zerfallen.

A. Von den Materialien, welche man zum Maschinenbau benutzt und

B. Von der Bearbeitung der Materialien zu Maschinentheilen.

Erste Abtheilung.

Von den Materialien zum Maschinenbau.

Von den Materialien zum Maschinenbau.

§. 4.

Uebersicht der gebräuchlichen Maschinenbau-Materialien und Haupt-Eigenschaften derselben.

Die wichtigsten Materialien, welche in Maschinenfabriken zur Herstellung von Maschinen verwendet werden, sind die Metalle, und unter diesen wiederum das Eisen; außer den Metallen findet das Holz eine ziemlich ausgedehnte Anwendung. Metalle und Holz concurriren also als Materialien für die Ausführung von Maschinen, und es fragt sich zunächst, in welchen Fällen man das eine oder das andere von beiden Materialien zu wählen hat.

Holz ist im Allgemeinen billiger in der Anschaffung und bequemer und leichter für die Bearbeitung als jedes Metall, und man sollte daher der Anwendung des Holzes überall den Vorzug geben, wo nicht besondere Rücksichten die Anwendung des Holzes ausschließen.

Dieser Grundsatz ist so zu verstehen, daß man niemals einen Maschinentheil aus Metall herstellen sollte, der ebensogut und unter Erfüllung aller Bedingungen, die demselben obliegen, aus Holz gemacht werden könnte. Gewisse Bedingungen (und deren Bedeutung und Zahl ist nicht gering) können durch Holz nicht erfüllt werden, und dann ist man allerdings genöthigt zur Anwendung eines andern Materials, namentlich der Metalle, zu schreiten.

Die Anwendung des Holzes zu Maschinenconstructionen ist unter andern in folgenden Fällen nicht geeignet:

1) wenn die Maschinentheile einer hohen Temperatur oder dem Feuer direct ausgesetzt sind;
2) wenn die Maschinentheile den Einflüssen der Atmosphäre, der Witterung oder der Nässe ausgesetzt sind, und wenn es dabei auf möglichste Unveränderlichkeit der Form ankommt;
3) wenn Drucke auf die Maschinentheile wirken, denen Holz nicht widerstehen kann, ohne Form-Veränderungen zu erleiden;
4) wenn die Maschinentheile starken Reibungswiderständen unterworfen sind und dadurch Abnutzungen zu befürchten stehen, welche eine schädliche Form-Veränderung des Holzes bedingen würden;

5) wenn es darauf ankömmt die Dimensionen der Maschinentheile möglichst zu beschränken, ohne die Sicherheit zu vermindern, welche sie den einwirkenden Kräften gegen Zerstörung darbieten;
6) wo es auf möglichst gleichförmiges Gefüge für den ganzen Maschinentheil ankommt, welches bei Anwendung des Holzes nicht zu erreichen ist;
7) wo es auf sehr scharfe und möglichst unveränderliche Formen ankommt;
8) wo sehr glatte oder harte Oberflächen verlangt werden;
9) wo die Form des herzustellenden Maschinentheils durch Anwendung des Holzes nur erreicht werden kann, indem man den Maschinentheil aus einer großen Zahl von Stücken, die aneinander befestigt werden müssen, zusammensetzt, und wo die Anwendung des Metalls leichter, einfacher und billiger ist.

Außer den Metallen und dem Holz finden noch eine Menge anderer Materialien zur Herstellung von Maschinentheilen Anwendung; doch ist diese Anwendung im Vergleich zu derjenigen der Metalle und des Holzes eine sehr beschränkte und untergeordnete.

Wir führen von diesen andern Materialien als die wichtigsten noch an:

Mineralien	1) Steine, 2) Gebrannter Thon und Porcellan, 3) Glas.
Pflanzenstoffe	4) Faserstoffe und Gewebe, 5) Pappe und Papier, 6) Kautschouk und Gutta-Percha.
Thierische Stoffe	7) Leder, 8) Knochen, 9) Thierische Fasern (Wolle, Haare, Seide).

Die wichtigsten Bedingungen, welche die Materialien im Allgemeinen erfüllen müssen, um sie zur Verwendung im Maschinenbau brauchbar zu machen, sind etwa in folgenden zusammenzufassen:

1) Festigkeit, d. i. die Fähigkeit, den auf das Material einwirkenden Drucken, welche das Bestreben haben die Form des Maschinentheils zu ändern, einen angemessenen Widerstand entgegenzusetzen.
2) Elasticität, d. i. die Fähigkeit, die unter Einwirkung der Drucke erlittene Form-Veränderung nach dem Aufhören dieser Einwirkung so vollständig als möglich wieder herzustellen.
3) Leichtigkeit, d. i. die Eigenschaft, ein geringes spezifisches Gewicht zu besitzen.
4) Billigkeit, d. i. ein möglichst geringer Kostenpreis sowohl für die Anschaffung, als für die Bearbeitung.
5) Gestaltbarkeit, d. i. die Fähigkeit, ohne große Schwierigkeit sich in eine beabsichtigte Form bringen zu lassen.

In manchen Fällen auch:

6) Leitungsfähigkeit, d. i. die Eigenschaft, die Wärme mit einer gewissen Geschwindigkeit aufzunehmen, fortzupflanzen und weiter abzugeben.

7) Biegsamkeit und Geschmeidigkeit, d. i. die Eigenschaft, sich gegebenen Formen leicht anzuschmiegen und sich ebenso leicht von denselben wieder abzulösen.

Je nach dem Bedürfniß, welchem ein bestimmter Maschinentheil zu genügen hat, wird bald diese, bald jene der oben aufgestellten Bedingungen die vorherrschende sein, und man hat demgemäß für jeden Maschinentheil das geeignetste Material zu wählen, d. h. dasjenige, welches die vorliegenden Bedingungen in dem gegebenen Falle am vollständigsten erfüllt.

Demgemäß wollen wir im Folgenden zunächst die wichtigsten Materialien für den Maschinenbau besprechen.

Erster Abschnitt.

Das Holz.

§. 5.

Structur und chemische Zusammensetzung des Holzes.

Das Holz der Bäume besteht bekanntlich aus einer Menge nach der Längenrichtung des Stammes oder der Aeste laufender Längenfasern, die auf eine eigenthümliche Weise aneinander haften und mit einander verwachsen sind. Diese Längenfasern erscheinen, wenn man den Stamm oder den Ast normal zu seiner Längenrichtung durchschneidet, in ringförmigen Gruppen geordnet, welche man Jahresringe oder Jahrringe, auch wohl kurz „die Jahre" nennt. Der Name bezeichnet ihre Entstehungsart, indem im Allgemeinen während der Entwicklungs- oder Wachsthumsperiode jeden Jahres eine neue ringförmige Ablagerung von Holzmasse sich concentrisch zu der frühern ansetzt. Die innern Jahresringe, welche hiernach die ältern sind, haben ein dichteres, festeres und härteres Gefüge, und nach der Peripherie des Querschnitts hin wird dies Gefüge lockerer, weicher und schwammiger. Die äußersten Jahresringe sind mit dem sogenannten Bast umhüllt und demnächst von der Rinde eingeschlossen. Diese äußersten, der Rinde am nächsten liegenden Fasergruppen, unterscheiden sich gewöhnlich noch, außer durch das Gefüge, auch durch die Farbe; man nennt sie das Splintholz, oder den Splint; demselben zunächst liegt das sogenannte junge Holz, und die innersten, härtesten, dichtesten, und meistens auch spezifisch schwersten Jahresringe nennt man den Kern, oder das Kernholz. Die radiale Breite der Jahresringe ist im Kernholz am geringsten, und nimmt nach außen zu; sie ist außerdem abhängig von der Himmelsgegend, nach welcher die Jahresringe gewachsen sind, indem die radiale Breite gewöhnlich geringer ist an der gegen Norden gekehrten Seite des Stammes. Man nennt daher jene Nordseite auch wohl

die Winter- oder Wetterseite; die Südseite dagegen die Sommer- oder die leichte Seite des Stammes. Außerdem ist die Breite der Jahresringe nicht allein von der Art des Baumes, sondern auch von den Einflüssen des Klima's, des Bodens und der Umgebung abhängig. Karmarsch*) führt an, daß nach Zählungen an Probestücken sich fanden auf einen Zoll der gemessenen Holzdicke an Eschen 2 bis 14 Jahresringe, an Tannen 5 bis 9, an Lärchen 5 bis 20, an Föhren 17 bis 25, an Erlen und Kirschbaum 6 bis 12, an Buchen und Mahagoni 6 bis 24, an Eichen 9 bis 21, an Buchsbaum 30 bis 50, an Eibenbaum (Taxus) 20 bis über 100.

Wenn man den Querschnitt des Stammes, in welchem die Jahresringe liegen, genauer betrachtet, so sieht man, daß sich darin Stellen markiren, die strahlenartig von dem Kern nach der Peripherie hinlaufende Linien darstellen. Diese Strahlen sind nicht immer zusammenhängende Radien des Querschnitts, sie reichen oft vom Kern aus bis auf einen Theil des Querschnittes und hören dann auf, oder sie fangen auch wohl in einigem Abstande vom Kern an und reichen bis nach der Peripherie hin u. s. w. Diese Strahlen rühren von einer größern Erhärtung und festen Vereinigung der in verschiedenen Jahresringen liegenden benachbarten Holzfasern her, sie sind aber nicht etwa so lang wie die Holzfasern selbst, sondern haben nach der Längenrichtung der Fasern nur beschränkte Ausdehnung, so daß, wenn man denselben Stamm in einiger Entfernung von dem betrachteten Querschnitt wieder quer durchschneidet, in diesem zweiten Durchschnitt ganz andere Gruppen solcher Strahlen erscheinen. Man nennt die Faserbündel, welche auf die angedeutete Weise mit einander fester vereinigt sind, und als deren Querschnitt jene Strahlen erscheinen: Spiegel. Die Spiegel haben sehr verschiedene Dimensionen, und ihre Anzahl ist von den verschiedensten Umständen abhängig. Karmarsch**) führt in dieser Beziehung an, daß in der Richtung der Jahresringe gezählt, auf einen Zoll der Länge ungefähr Spiegel enthalten sind: bei Linden-, Ahorn-, Birken- und Kirschbaumholz 100 bis 120; bei Apfelbaum-, Eschen- und Mahagoniholz 120 bis 140; bei Tannen-, Fichten-, Weidenholz 130 bis 160; bei schwarzem Ebenholz 150 bis 200; bei Birnbaumholz 200 bis 240; bei Rothbuchen- und Weißbuchenholz 100 bis 120, wovon nur 10 bis 15 mit unbewaffneten Augen zu sehen sind; bei Eichenholz 150 bis 200, wovon nur 5 bis 15 ohne Vergrößerungsglas sichtbar sind.

Nach Ebenen, in welchen viele und große Spiegel liegen, spaltet das Holz am leichtesten und die gespaltene Oberfläche hat in den Spiegeln ein glattes und glänzendes Ansehen. Auch beim Zusammentrocknen reißt das Holz am leichtesten nach Ebenen, in denen viele Spiegel liegen.

Die Anordnung der Holzfasern in den einzelnen Holzarten bedingt zum großen Theil deren Verschiedenheit, da die chemische Zusammensetzung der Holzfasern bei allen Holzarten eine sehr große Uebereinstimmung zeigt.

*) Mech. Techn. I. S. 631.
**) Mech. Techn. I. S. 632.

Nach Angabe von Schubarth*) beträgt in den Hölzern der Faserstoff 96 bis 98 Procent, das Uebrige besteht aus andern, theils in Wasser, theils in Alkohol löslichen Stoffen, als Gummi, Pflanzensäuren, verschiedenen Salzen, Bitter-Extraktiv-Stoff, Harzen ꝛc.

Die rein dargestellte Holzfaser ist in gebleichtem und getrocknetem Zustande weiß, faserig, geruch- und geschmacklos, von etwa 1,5 spezifischem Gewichte. Die Bestandtheile sind ausschließlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar:

Name der Hölzer (bei 100 Grad getrocknet).	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Eichenholzfaser	52,53	5,69	41,78
Buchenholzfaser	51,45	5,82	42,73
		Wasser.	
Buchsbaumholzfaser	50,00	50,00	
Weidenholzfaser	49,8	50,2	

Nach neueren Versuchen des Professor Heintz hatten die inländischen Holzarten folgende chemische Zusammensetzung:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Kiefernholz (Pinus sylvestris)				
Alte Stämme	49,87	6,09	43,41	0,63
Junge Stämme	50,62	6,27	42,58	0,53
Elsenholz (Betula alnus)	48,63	5,94	44,75	0,68
Birkenholz (Betula alba)	48,89	6,19	43,93	0,99
Eichenholz (Quercus robur u. Qu. pedunculata)	48,94	5,94	43,09	2,03
Rothbuchenholz (Fagus sylvatica) . .	48,29	6,00	45,14	0,57
Weißbuchenholz (Carpinus betulus) .	48,08	6,12	44,93	0,87

Wenn man das Holz, nachdem es vorher scharf getrocknet worden, in verschlossenen Gefäßen einer trockenen Destillation unterwirft, so ergibt sich bei langsam steigender Hitze dem Gewicht nach 24,6 bis 27,275 % Kohle, bei schnell steigender Hitze aber zwischen 12,15 und 16,54 %; also durchschnittlich im ersten Falle 26 % im letztern 13 1/3 % und zwar findet dieses Verhältniß fast bei allen Holzarten ziemlich constant statt.

Die große Verschiedenheit der einzelnen Holzarten ist hiernach nicht sowohl durch die chemische Zusammensetzung, als vielmehr durch die organische Bildung, Lagerung und Gruppirung der Holzfasern bedingt. Ja ein und dasselbe Holzstück zeigt schon verschiedenes Verhalten, je nachdem man es in verschiedenen Richtungen der Holzfasern bearbeitet, und man hat diese Richtungen mit besondern Bezeichnungen belegt, als da sind: Längenholz (mit dem Spahn und wider den Spahn) Querholz, Hirnholz.

Noch viel größer ist die Verschiedenheit, welche Holz von ein und demselben Stamme an verschiedenen Stellen zeigt; man unterscheidet in dieser Beziehung glattes oder schlichtes Holz von dem verwachsenen, maserigen Holze, astiges und astfreies Holz u. s. w.

*) Techn. Chem. zweite Abtheilung, 3. Kapitel.

§. 6.

Spezifisches Gewicht und Wassergehalt des Holzes.

Das spezifische Gewicht der Holzfaser ist nach dem vorigen Paragraphen durchschnittlich ziemlich genau 1,5; genauer beträgt dasselbe nach Karmarsch*) bei Tannen- und Ahornholz 1,46, bei Eichen- und Buchenholz 1,53, bei Ulmenholz 1,52, bei Linden-, Birken- und Pappelholz 1,48, bei Mahagoni 1,68. So übereinstimmend hiernach das spezifische Gewicht der einzelnen Holzfasern ist, so sind dieselben doch in keiner Holzart dicht gruppirt, sondern bilden ein mehr oder weniger lockeres, poröses Gefüge mit größern oder geringeren Zwischenräumen, Zellen und Röhren. Diese Höhlungen zwischen den Holzfasern sind bei Holz, welches sich in der Vegetation befindet, oder eben gefällt worden ist, mit Wasser und mit verschiedenen Pflanzensäften gefüllt, später verdampft das Wasser, selbst durch das bloße Liegen an der Luft, und die Höhlungen werden leerer, das Holz wird trockener. Natürlich muß nicht allein die verschiedene Porosität des Gefüges, sondern auch der Zustand der Trockenheit von wesentlichem Einfluß auf das spezifische Gewicht des Holzes sein. Hiernach muß nicht allein das spezifische Gewicht der verschiedenen Holzarten viel mehr differiren, als das spezifische Gewicht der Holzfasern, sondern es wird auch das spezifische Gewicht ein und derselben Holzart je nach der durch Boden, Klima und Localität bedingten Porosität verschieden sein; ja das spezifische Gewicht ist an verschiedenen Theilen ein und desselben Stammes ein anderes, und selbst für dasselbe Stück Holz differirt es zu verschiedenen Zeiten, je nach dem Grade der Trockenheit.

Die Angaben über das spezifische Gewicht der Hölzer können daher immer nur annähernde Werthe geben. Die ausgedehnteste Zusammenstellung dieser Werthe gibt folgende Tabelle**).

---

*) Mech. Techn. I. S. 634.

**) Techn. Wörterbuch B. II. 271.

Namen der Holzarten.	Spezifisches Gewicht.				1 preuß. Kub.-Fuß wiegt preuß. Pfund nach der Mittelzahl lufttrocken.
	Frisch (grün)		Lufttrocken.		
	Grenzen.	Mittelwerth.	Grenzen.	Mittelwerth.	
Ahorn	0.843—0.944	0.893	0.612—0.750	0.681	45
Apfelbaum	0.960—1.137	1.048	0.674—0.793	0.733	48
Birke	0.851—0.987	0.919	0.591—0.738	0.664	44
Birnbaum	—	—	0.646—0.732	0.689	45
Buche (Rothbuche) . . .	0.852—1.109	0.980	0.590—0.852	0.721	48
„ (Weißbuche) . . .	0.939—1.137	1.038	0.728—0.790	0.759	50
Buchsbaum	—	—	0.912—1.031	0.971	64
Ceder	—	—	0.561—0.575	0.568	37
Ebenholz (schwarzes) . . .	—	—	1.187—1.331	1.259	81
Eibenbaum (Taxus) . . .	—	—	0.744—0.807	0.775	51
Eiche	0.885—1.062	0.973	0.650—0.920	0.785	52
Erle	0.809—0.994	0.901	0.423—0.680	0.551	36
Esche	0.778—0.927	0.852	0.540—0.845	0.692	46
Fichte (Rothtanne). . . .	0.794—0.993	0.893	0.376—0.481	0.428	28
Föhre (Kiefer)	0.811—1.005	0.908	0.463—0.763	0.613	40
Grenadillholz (braunes) . .	—	—	0.973	0.973	64
„ (braun Eisengrenadill)	—	—	1.185	1.185	78
„ (schwarz „)	—	—	1.283	1.283	85
Jakaranda	—	—	0.908	0.908	60
Kirschbaum	0.928	0.928	0.577—0.715	0.646	43
Königsholz	—	—	0.980—1.069	1.024	68
Lärche	0.694—0.924	0.809	0.473—0.565	0.519	34
Linde	0.710—0.878	0.794	0.439—0.604	0.522	34
Mahagoni	—	—	0.563—1.063	0.813	54
Nußbaum	—	—	0.660—0.811	0.735	49
Pappel	0.758—0.956	0.857	0.353—0.591	0.472	31
Pflaumbaum	—	—	0.754—0.872	0.813	54
Pockholz	—	—	1.263—1.342	1.302	86
Roßkastanie	—	—	0.551—0.610	0.580	38
Tanne (Weißtanne) . . .	0.894	0.894	0.455—0.746	0.600	40
Ulme	0.878—0.941	0.909	0.568—0.671	0.619	41
Weide	0.715—0.855	0.785	0.392—0.530	0.461	30
Weißdorn	—	—	0.871	0.871	57

Der Gehalt an Feuchtigkeit, welcher von sehr wesentlichem Einfluß auf das spezifische Gewicht ist, ist im frischgefällten (grünen) Zustande bei den verschiedenen Hölzern sehr verschieden und auch in den einzelnen Theilen des Baumes differirend; dieser Feuchtigkeitsgehalt ändert sich auch mit der Jahreszeit,

in welcher die Hölzer gefällt worden sind. Wenn nun aber die Hölzer längere Zeit an der Luft liegen, so vermindert sich der Feuchtigkeitsgehalt bis zu einer ziemlich constanten Zahl, nämlich nach Jahresfrist bis zu 20 bis 25 % des Gewichtes des Holzes.

Nach Angabe von Karmarsch beträgt der Wassergehalt des frischgefällten Holzes durchschnittlich: bei

Weißbuchen . .	20 Procent	Buchen und Föhren .	39 Procent
Birken	30 „	Erlen	41 „
Eichen	35 „	Fichten	45 „
Tannen . . .	37 „	Linden	47 „

Durch bloßes Austrocknen an der Luft sinkt der Wassergehalt, selbst bei sehr langem Liegen, nicht unter 15 Procent, und nur bei sehr dünnen Stücken kann man ihn bis auf 10 Procent herabbringen. Nach zahlreichen Beobachtungen kann man gleichfalls nach Angabe von Karmarsch durchschnittlich folgende Procentsätze für den Wassergehalt annehmen:

	Sechs Monat nach der Fällung; im Trockenen aufbewahrt.		Völlig Lufttrocken.
1) Nadelhölzer.			
a) Stammholz	29 Procent	—	15 Procent.
b) Aeste	32 „	—	15 „
c) Junge Stämmchen . .	38 „	—	15 „
2) Laubhölzer.			
a) Stammholz	36 „	—	17 „
b) Aeste	24 „	—	20 „
c) Junge Stämmchen . .	36 „	—	19 „

Bei Gelegenheit der Versuche über die Heizkraft der wichtigeren Brennstoffe des preußischen Staates, hat Dr. Brix auch Beobachtungen über das Gewicht der gespaltenen Hölzer angestellt, welche wir hier zur Ergänzung der obigen Resultate folgen lassen:

Kiefernholz (Pinus sylvestris). Von durchaus gesunden und kernigen, 45- bis 50jährigen Stämmen, im gespaltenen Zustand, etwa 2 Jahre an der Luft gestanden und vollkommen lufttrocken, wog der Kubikfuß bei etwa 20 Procent Wassergehalt 39,8 Pfund. Nach 9- bis 10monatlichem Liegen in geheiztem Zimmer wog der Kubikfuß vom Splint 32,5 Pfund und vom Kern ziemlich harzreich 35,0 Pfund.

Elsenholz (Betula alnus L.). Die Holzprobe bestand in glatten, wenig ästigen, mäßig starken Kloben, von etwa 35- bis 45jährigen Stämmen, welche 2 Jahre auf dem Holzplatze und demnächst nach dem Spalten in bedecktem Schuppen gestanden hatten. Der Kubikfuß wog bei 15 Procent Wassergehalt nach zwei Versuchen 37,7 und 32,8 Pfund.

Birkenholz (Betula alba L.). Durchaus gesundes Holz in kleinen glatten Kloben, ohne Spuren von Stock oder Wurmfraß, 35- bis 40jährigen Stämmen. Der Kubikfuß in vollkommen lufttrockenem Zustande wog vom Splint 39,1 Pfund,

vom Kern 41,1 Pfund. Proben von anderem feuchten Birkenholz ergaben für den Kubikfuß 46 bis 48 Pfund.

Rothbuchenholz (Fagus sylvatica). Stämme von etwa 150 Jahren, in mäßig starken, glatten, durchaus gesunden Kloben, welche 14 bis 15 Wochen in gespaltenem Zustande in bedeckten Schuppen gestanden hatten, wogen bei 20 Procent Wasser bei vier Versuchen 46,4 — 46,4 — 45,1 — 44,7 Pfund pro Kubikfuß. Dagegen zeigten 80jährige Stämme bei derselben Beschaffenheit der Kloben und nachdem sie 7 Wochen in gespaltenem Zustande in bedeckten Schuppen gelegen, in völlig lufttrockenem Zustande ein Gewicht von 40,9 Pfund pro Kubikfuß.

100- bis 120jährige Stämme, auf magerem Lehmboden gewachsen bei circa 20 Procent Wassergehalt, gaben in fünf Versuchen folgende Gewichte für den Kubikfuß: 51,1 — 51,4 — 51,8 — 54,8 — 55,2 Pfund.

Weißbuchenholz (Carpinus betulus). Vier Proben dieses Holzes zeigten bei 20 bis 25 Procent Wassergehalt folgende Gewichte pro Kubikfuß: 53,3 — 53,7 — 60,4 — 60,8 Pfund.

Die hier genannten Gewichte beziehen sich überall auf den vollen Kubikfuß der Holzmasse.

Wenn das gespaltene Holz in Haufen (Klafter) gelegt ist, wobei die einzelnen Scheite parallel neben und übereinander liegen, so bilden sich wegen der unregelmäßigen Form der Scheite mehr oder weniger beträchtliche Zwischenräume. In Preußen wird dies gespaltene Holz nach Klaftern verkauft und berechnet; eine Klafter enthält 108 Kubikfuß, und zwar so, daß die Scheite 3 Fuß lang sind und in rechtwinkligen Rahmen von 6 Fuß Breite und 6 Fuß Höhe aufgesetzt werden. Die hierbei entstehenden Zwischenräume betragen nach Beobachtungen des Dr. Brix ein Drittel bis zur Hälfte des ganzen Volums der Klafter, so daß eine Klafter von 108 Kubikfuß räumlichen Inhaltes nur 72, ja zuweilen nur 54 Kubikfuß wirklicher Holzmasse enthält. Noch ungünstiger stellt sich das Verhältniß der wirklichen Holzmasse zu den leeren Zwischenräumen bei sogenanntem Knüppelholz, so daß man bei gut aufgesetztem Holz etwa folgende Verhältnisse rechnen kann:

eine gut aufgesetzte Klafter enthält

Klobenholz . .	72 Kubikfuß Holz,	36 Kubikfuß Zwischenraum.
starke Knüppel .	68 „ „	40 „ „
schwache dto. . .	63 „ „	45 „ „

Das Gewicht einer Klafter Klobenholz hatte bei 15 Procent Wassergehalt nach den Brix'schen Versuchen im Durchschnitt folgende Werthe:

Eine Klafter Kiefernholz (Pinus sylvestris). Alte Stämme	2650	Pfund.
Junge „	2500	„
„ „ Elsenholz (Betula alnus).	2335	„
„ „ Birkenholz (Betula alba). Alte Stämme .	2780	„
„ „ Eichenholz (Quercus robur u. Qu. pedunculata)	3125	„
„ „ Rothbuchenholz (Fagus sylvatica) . . .	3100	„
„ „ Weißbuchenholz (Carpinus betula) . . .	3100	„

§. 7.

Elasticität und Festigkeit des Holzes.

Da wir aus dem vorhin Vorgetragenen entnehmen können, daß die Beschaffenheit nicht allein der Holzarten, sondern auch der einzelnen Exemplare ein und derselben Holzart so sehr verschieden ist, so wird es kaum einer Erklärung bedürfen, daß diese Verschiedenheit in sehr hohem Grade hervortritt, wenn wir die Widerstandsfähigkeit untersuchen, welche die einzelnen Hölzer und Holzarten Kräften darbieten, welche auf Veränderung derselben wirken. Diese Widerstandsfähigkeit (Festigkeit) der Hölzer ist nicht allein durch die Art und Weise bedingt, in welcher sie auf Form-Veränderung in Anspruch genommen werden, sondern auch von der Trockenheit und dem Alter der Holzstücke, von der Lokalität, in welcher sie sich dauernd befinden u. s. w. abhängig. Holzstücke von gesunden, kräftigen Bäumen haben im Allgemeinen größere Widerstandsfähigkeit gegen jede Form-Veränderung, als solche von kranken oder gar von abgestorbenen Bäumen. Hölzer, die längere Zeit der Atmosphäre, der Erdfeuchtigkeit, der Einwirkung von Dämpfen u. s. w., ausgesetzt sind, vermindern ihre Festigkeit oft in sehr hohem Grade. Alle Angaben, welche wir hier machen können, sind daher nur als sehr schwankende Durchschnittswerthe anzusehen, die nur ungefähre Anhaltspunkte für dergleichen Berechnungen gewähren können. Man hat daher bei Hölzern mehr, als bei irgend welchen andern Materialien, Ursache bei Berechnungen der Dimensionen sich noch immer hinreichend fern von jenen Durchschnittswerthen zu halten. —

Elasticitäts-Modulus und Grenze der vollkommenen Elasticität der Hölzer*).

Das Maaß der Elasticität (Elasticitäts-Modulus) ist bekanntlich diejenige (denkbare) Belastung, welche ein Einheitsprisma, d. i. einen Stab von einem Quadratzoll Querschnitt und einer beliebigen Länge, bis auf das Doppelte dieser Länge ausrecken würde, falls überhaupt eine solche Ausreckung möglich wäre.

Da man innerhalb der Grenzen der vollkommenen Elasticität die Kräfte, welche zum Ausrecken oder zum Zusammendrücken irgend eines prismatischen Körpers erforderlich sind, einfach proportional dem Werthe dieser Verlängerung oder Verkürzung und dem Querschnitt des Körpers annimmt, so genügt, um diese Kräfte zu bestimmen, offenbar die Angabe, wie groß die Kraft sein müsse, welche einen bestimmten Querschnitt (einen Quadratzoll) um ein bestimmtes Stück ausdehnen oder zusammendrücken könnte, und diese Angabe wird eben durch den Elasticitäts-Modulus gegeben.

Ist E der Elasticitäts-Modulus,
L die ursprüngliche Länge,
F der Querschnitt in Quadratzollen,
λ die Verlängerung oder Verkürzung,
P die Kraft, welche die Verlängerung oder Verkürzung bewirkt, so besteht die Gleichung:

$$E = \frac{P}{F} \cdot \frac{L}{\lambda}$$

---

*) Masch. Thl. I. §. 88.

Diese Werthe von E sind nun für verschiedene Holzarten ermittelt worden, namentlich von Tredgold und Bevan, und wir geben hier die Durchschnittswerthe dieser Versuche für einen preußischen Quadratzoll Querschnitt in preußischen Pfunden.

Eschenholz	E = 1 687 000 Pfund.
Buchenholz	E = 1 380 000 „
Ulmenholz	E = 1 374 000 „
Rothtannenholz . .	E = 2 067 000 „
Weißtannenholz . .	E = 1 896 000 „
Lärchenbaumholz .	E = 1 101 000 „
Mahagoni	E = 1 636 000 „
Eichenholz	E = 1 748 000 „
Fichtenholz	E = 1 641 000 „

Diese Werthe gelten für eine Ausdehnung oder Zusammendrückung der Holzfasern nach der Längenrichtung der Fasern selbst, andere Werthe hat der Elasticitäts-Modulus, wenn die Ausreckung oder Zusammendrückung quer gegen die Holzfasern gerichtet ist.

Aus der obigen Gleichung folgt: $P = EF \cdot \frac{\lambda}{L}$,

wenn wir nun dies Verhältniß $\frac{\lambda}{L}$ kennen, welches stattfindet, wenn ein prismatischer Stab bis zur Grenze seiner vollkommenen Elasticität ausgereckt ist, so ergiebt sich zufolge dieser Gleichung und der obigen Werthe von E die Belastung P, welche dem Verhältniß $\frac{\lambda}{L}$ entspricht, und umgekehrt.

Die Verlängerungen λ, welche die verschiedenen Holzarten an der Grenze der vollkommenen Elasticität erleiden, betragen nun folgende Werthe von der ursprünglichen Länge für:

Eschenholz	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{385}$
Buchenholz	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{570}$
Ulmenholz	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{414}$
Tannenholz	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{500}$
Lärchenbaumholz . . .	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{510}$
Mahagoni	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{400}$
Eichenholz	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{430}$
Fichtenholz.	$\frac{\lambda}{L} = \frac{1}{470}$

Hiernach würde also die Belastung, welche eine Verlängerung oder Verkürzung eines prismatischen Holzstabes von einem preußischen Quadratzoll Querschnitt bis zur Grenze der vollkommenen Elasticität hervorzubringen vermag, betragen:

für Eschenholz .	4640	preuß.	Pfd.	für Lärchenholz .	2160	preuß.	Pfd.
„ Buchenholz .	2420	„	„	„ Mahagoniholz	4040	„	„
„ Ulmenholz .	3320	„	„	„ Eichenholz . .	4060	„	„
„ Rothtannen	4134	„	„	„ Fichtenholz .	3500	„	„
„ Weißtannen	3790	„	„				

Auf die Dauer dürfen Hölzer niemals bis zur Grenze der vollkommenen Elasticität in Anspruch genommen werden, und da diese Grenze selbst nach dem Obigen eine ziemlich zweifelhafte ist, so ist es rathsam, bei Maschinenconstructionen etwa nur $1/3$ bis $1/2$ der obigen Werthe auf den Quadratzoll Querschnitt hölzerner Stäbe oder Balken zu rechnen, wenn dieselben für die Dauer auf Ausrecken oder auf Comprimiren in Anspruch genommen werden.

Absolute Festigkeit der Holzarten.

Verschieden von jenen Werthen, welche auf den Elasticitäts-Verhältnissen der Holzarten beruhen, sind diejenigen Werthe, unter welchen hölzerne Stäbe oder Balken, die auf Ausrecken in Anspruch genommen werden, wirklich zerrissen werden, bei denen also eine Zerstörung eintritt. Diese Werthe, wiederum für ein Einheitsprisma, für uns also für einen Quadratzoll Querschnitt berechnet, nennt man die absolute Festigkeit der Hölzer. Die Versuche über die absolute Festigkeit der Hölzer sind weit zahlreicher als diejenigen über die Elasticitäts-Verhältnisse, wenn gleich letztere von größerer Wichtigkeit und Bedeutung sind.

Nach diesen Versuchen hat die absolute Festigkeit nach der Längenrichtung der Holzfasern etwa folgende Werthe:

Ahornholz	16370 bis 17880	Pfund.
Akazienholz	12190 — 16450	„
Aprikosenbaumholz	15950	„
Apfelbaumholz	10020 — 20040	„
Birnbaumholz	10100 — 11160	„
Birkenholz	15450	„
Buchenholz. Rothbuche zwischen Kern und Splint	22360	„
Buchsbaumholz	15790 — 20440	„
Cedernholz	11720 — 13600	„
Ebenholz	13500 — 15140	„
Ebereschenholz	12830	„
Eichenholz, Sommereiche vom Kern .	26600	„
zwischen Kern und Splint . . .	21940	„
vom Splint	14760	„
Erlenholz zwischen Kern und Splint .	24740	„
Eschenholz	17550 — 20990	„

Fichte, siehe Rothtanne.		Pfund.
Grenadillholz	17030	"
Guajakholz (Lign. sanct.)	14430	"
Haselnuß	18500	"
Kastanienbaumholz, Roßkastanie .	12436	"
süße Kastanie .	10790	"
Kiefernholz vom Kern	21400	"
harzig	16160	"
zwischen Kern und Splint . . .	20873	"
sehr harzig	12520	"
vom Splint	18320	"
Kirschbaumholz, süße Kirsche . . .	13590	"
saure Kirsche . .	13980	"
Lärchenbaumholz	9150 bis 11410	"
Lindenholz	13870 — 24160	"
Mahagoniholz	8260 — 16960	"
Maulbeerbaumholz	10890 — 14500	"
Nußbaumholz	8020 — 14260	"
Pappelholz (Weißpappel)	4750 — 7040	"
" (italienische P.)	7350	"
Pflaumbaumholz	11100 — 14390	"
Platanenholz	7280 — 14980	"
Rothtannenholz (Fichtenholz) zwischen Kern und Splint	10920	"
Steineichenholz	22120	"
Ulmenholz	13920 — 15380	"
Weidenholz	13180 — 19120	"
Weißbuchenholz	20400 — 20800	"
Weißdornholz	9460 — 18360	"
Weißtannenholz	10330 — 15400	"
Zuckerkistenholz	18830	"

Viel weniger umfangreich sind die Versuche über die absolute Festigkeit des Holzes, wenn dasselbe normal zur Richtung der Fasern auf Zerreißen in Anspruch genommen wird. Man pflegt die Widerstandsfähigkeit gegen diese Art des Zerreißens die Querfestigkeit des Holzes zu nennen. Nach freilich nicht sehr exakten Beobachtungen hat die Kraft, mit welcher Holzkörper normal zur Richtung der Längenfasern bei einem Quadratzoll Querschnitt der Trennungsfläche zerrissen werden, folgende Werthe:

Ahornholz . . .	880 bis 1000	preuß.	Pfund.
Rothbuchenholz .	970 — 1280	"	"
Eichenholz . . .	650 — 890	"	"
Föhrenholz . . .	560 — 870	"	"
Tannenholz . . .	285 — 470	"	"
Weißbuchenholz .	1100 — 1160	"	"

Karmarsch führt außer diesen zuletzt genannten Resultaten noch einige andere an, welche sich auf die Widerstandsfähigkeit der Holzfasern gegen Verschieben in ihrer Längenrichtung beziehen *), er sagt daß man („gestützt auf Versuche über das Ausreißen eiserner nach dem Faserlaufe eingedrehter Holzschrauben") für einen Quadratzoll Trennungsfläche **) annehmen könne, wie folgt:

für Buchenholz .	968 bis 1012	preuß.	Pfund;	im	Mittel	990
„ Eichenholz .	900 — 1437	„	„	„	„	1166
„ Lindenholz .	904 — 911	„	„	„	„	908
„ Tannenholz .	612 — 751	„	„	„	„	682
„ Weißbuche .	1263 — 1404	„	„	„	„	1333.

Es ist dabei nicht gesagt, in welcher Weise diese Resultate aus jenen angedeuteten Beobachtungen gefolgert worden sind. Jedenfalls ist aber festzuhalten, daß unter jenen Belastungen immer nur ruhig wirkende Drucke verstanden sein dürfen, denn gerade in der hier besprochenen Richtung ist namentlich gut ausgetrocknetes Holz gegen Stöße und Schläge sehr empfindlich. Wir haben für diese Art der Widerstandsfähigkeit die Bezeichnung Festigkeit gegen Absplittern eingeführt, die wir hier als eine besondere Modification der absoluten Festigkeit betrachten.

Für dauernde Belastungen, welche die absolute Festigkeit in Anspruch nehmen, darf man bei Holzarten immer nur $\frac{1}{12}$, höchstens $\frac{1}{10}$ derjenigen Werthe in Rechnung bringen, welche einer Zerstörung des Materials entsprechen.

Relative Festigkeit der Holzarten.

Die Gleichung für die Berechnung eines balkenförmigen Körpers auf den Widerstand gegen Zerbrechen ist bekanntlich:

$$PL = kW$$

wobei vorausgesetzt ist, daß der Körper an dem einen Ende unwandelbar befestigt ist, und daß PL die Summe der Momente der auf Bruch wirkenden Kräfte ist.

Es bezeichnet außerdem in dieser Gleichung:

k einen Coefficienten, welcher von der Beschaffenheit des Materials und von der Spannung der äußersten Faserschicht abhängig ist,

W einen Werth, welcher lediglich von der Querschnittsform des Körpers abhängig ist und welcher das Widerstands-Moment des Querschnitts genannt wird ***). Beispielweise ist: für einen rechteckigen Querschnitt bekanntlich $W = \frac{1}{6} bh^2$

(b Breite, h Höhe oder Dimension in der Ebene, in welcher das Moment liegt, welches auf Bruch wirkt); für einen kreisförmigen Querschnitt

*) Mechn. Techn. I. S. 937.

**) Die Zahlen sind hier für preuß. Maaß umgerechnet und abgerundet.

***) Masch. Th. I. S. 204.

$$W = \frac{1}{32} \pi d^3$$

(d Durchmesser des Kreises) u. s. w.

Dies vorausgeschickt, wird man leicht übersehen können, daß immer sein muß

$$k = P \cdot \frac{L}{W}$$

jedoch so, daß der größte Werth, welchen k wirklich annehmen kann, derjenige ist, bei dem der Balken abbricht, bei dem also das System zerstört wird. Diesen größten Werth von k nennt man die relative Festigkeit des Materials. Dieselbe drückt sich in denselben Gewichts-Einheiten aus, in welchen P genommen wird, und ihr absoluter Werth ist außerdem abhängig von den Maaßeinheiten, in denen die Dimensionen gegeben sind, welche in dem Ausdrucke W und in L vorkommen. Nehmen wir alle diese Dimensionen in Zollen, so ist die relative Festigkeit immer in Pfunden pro Quadratzoll auszudrücken. Nach Versuchen von Burg, Eytelwein, v. Gerstner, Rennie, Rondelet, Tredgold und Andern sind nun auf den preußischen Quadratzoll folgende Werthe für die verschiedenen Holzarten zu rechnen:

Ahorn gemeiner	k = 9900	Pfund.
Akazie grüne	k = 11600	„
Birke	k = 9700	„
Buche (Rothbuche)	k = 28600	„
Ceder	k = 7760	„
Eiche, englische, junger Stamm	k = 18100	„
„ altes Schiffsholz	k = 12400	„
„ alter Stamm	k = 8190	„
„ mittle Qualität	k = 13350	„
„ grün	k = 10280	„
„ Steineiche	k = 25000	„
„ Sommereiche	k = 24400	„
„ trockenes Holz	k = 15500	„
Erle	k = 9900 — 21000	„
Esche jung	k = 15200	„
mittlere Qualität	k = 11900 — 14700	„
Fichte (siehe Rothtanne)		
Kiefer	k = 17500	„
Kastanie grüne	k = 8400	„
Lärche	k = 5280 — 7300	„
ausgewähltes Stück	k = 11800	„
Mahagoni trocken	k = 7900 — 11900	„
Nußbaum grün	k = 9130	„
Pappel, italienische	k = 6100	„
Silberpappel	k = 10600	„
Platane	k = 11400	„
Rothtanne (Fichte)	k = 11200 — 13700	„

Ulme	k = 5900 — 10000	Pfund.
Weide	k = 6800	„
Weißbuche	k = 18300	„
Weißtanne	k = 16600	„

Auch hier ist die Regel zu empfehlen, welche wir bereits bei der absoluten Festigkeit aufgestellt haben, daß es rathsam sei, für dauernde Belastungen nur $^1/_{12}$ bis höchstens $^1/_{10}$ desjenigen Werthes von k in Rechnung zu stellen, welcher der Zerstörung des Holzbalkens entspricht.

Rückwirkende Festigkeit.

Wenn ein Körper nach der Richtung seiner Längenaxe zusammengedrückt wird, so kann er in zweifacher Weise einer Form-Veränderung, und demnächst der Zerstörung unterliegen. Entweder baucht er sich ringsum aus, er wird mit der Zunahme des Druckes, indem seine Endflächen fortwährend parallel bleiben, dabei einander aber immer näher rücken, in der Mitte seiner Längendimension immer dicker, bis er endlich feine Risse und Sprünge zeigt, und demnächst, gemeinhin plötzlich und mit einem schwächern oder stärkern Knall berstet und in Stücke zerfällt; oder der Körper biegt sich unter Einwirkung der Drucke nach irgend einer Seite und zwar nach derjenigen, in welcher die geringste Widerstandsfähigkeit vorwaltet, aus, er wird krumm, diese Biegung wächst mit zunehmender Geschwindigkeit, die dadurch bedingte Vermehrung der Spannung in der am stärksten gekrümmten Faserschicht überwindet die Festigkeit des Materials und es tritt eine Zerstörung des Körpers durch Bruch ein. Im ersten Falle nennen wir die Zerstörung des Körpers Zerdrücken, im letztern Falle Zerknicken.

Das Zerdrücken findet immer statt, wenn die Längendimensionen nicht sehr beträchtlich sind; das Zerknicken dagegen erfolgt in der Regel, wenn die Längendimension gegen die Querschnittsdimensionen erheblich überwiegt. Bei Hölzern findet im Allgemeinen ein Zerknicken statt, wenn die Längendimension mehr als das 9- bis 10fache der kleinsten Querschnittsdimension beträgt*).

Der Widerstand gegen Zerdrücken ist bei Holzarten größer in der Richtung der Längenfasern, als normal zu derselben, er ist größer wenn das Holz trocken oder wenigstens lufttrocken ist. Der Widerstand gegen Zerdrücken beträgt, für einen preußischen Quadratzoll berechnet, etwa folgende Werthe, denen Versuche von Hodgkinson zu Grunde liegen:

	frisch oder nicht ganz trocken.	lufttrocken.	
Birke, amerikanisch . . .	—	12000	Pfund.
„ englisch	4700	6600	„
Birnbaum	—	7800	„
Buche	8000	9500	„
Buchsbaum	—	10300	„
Eiche, englisch	6700	9850	„

*) Masch. Thl. I S. 231.

	frisch oder nicht ganz trocken.	lufttrocken.	
Eiche aus Quebek . . .	4380	6170	Pfund.
Erle	—	7100	„
Esche	8960	9700	„
Fichte	—	5500	„
Lärche	3300	5700	„
Nußbaum	—	6900	„
Pappel	3220	5300	„
Pflaumbaum	3790	9700	„
Tanne	5950	6830	„
Ulme	—	10700	„
Weißbuche	4690	7550	„

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, welchen oft sehr bedeutenden Einfluß die Feuchtigkeit auf den Widerstand gegen Zerdrücken ausübt, und daß, wenn die Zwischenräume zwischen den einzelnen Holzfasern mit einer so sehr unelastischen Masse, wie das Wasser ist, ausgefüllt sind, die Spannung, welche durch das Zusammenpressen entsteht, sehr bald die Holzfasern auseinander drängt. Bei mehreren Holzarten erreicht die Festigkeit im nassen Zustande noch bei Weitem nicht die Hälfte derjenigen im trockenen Zustande.

Der Widerstand gegen Zerknicken ist wesentlich von den Elasticitäts-Verhältnissen abhängig. Nach einer von dem Verfasser entwickelten Formel*) hat man

$$Q = \frac{3\,B\,.\,E}{L^2}$$

wenn Q die Belastung ist, welche einen nach der Längenrichtung belasteten und durchgebogenen Balken bei jedem Werthe der Durchbiegung das Gleichgewicht hält, L die Länge des Balkens, E den Elasticitäts-Modulus und B das Biegungs-Moment, oder einen von der Form des Querschnittes abhängigen Werth bezeichnet. Dieser Werth ist z. B. für das Rechteck: $B = \frac{1}{12}\,bh^3$ für den Kreis $B = \frac{1}{64}\,\pi\,d^4$, worin h die kleinste, b die größte Dimension des Rechteckes und d den Durchmesser des Kreises bedeuten.

Es ist hiebei vorausgesetzt, daß der Balken an einem Ende unwandelbar befestigt sei.

Der Werth von E ist aus der obigen Zusammenstellung der Elasticitäts-Moduln zu entnehmen. Versuche, welche sich direct auf das Zerknicken bezogen, geben für diesen Fall folgende besondere Werthe für die Elasticitäts-Moduln:

Rothtannenholz	2 300 000 Pfund.	Eichenholz	1 883 000 Pfund.
Lindenholz . .	1 320 000 „	Eschenholz	1 726 000 „
Rothbuchenholz	1 512 000 „	Kiefernholz	1 569 000 „

Die wesentlichste Differenz zwischen dem für Ausrecken und Zusammendrücken (S. 19) bestimmten Elasticitäts-Modulus und demjenigen, welcher für das Zer-

*) Masch. Thl. I. S. 226.

knicken in Rechnung gestellt werden darf, ergiebt sich bei Rothtannen- (Fichten-) Holz; das Verhältniß ist etwa 16,4 : 23 = 1 : 1,4. Für alle andern Holzarten ist dasselbe bedeutend geringer.

Für dauernde Belastungen genügt es, wenn man einen Balken nur etwa $\frac{1}{3}$ bis höchstens $\frac{1}{2}$ derjenigen Belastung zu tragen gibt, welche denselben bei einer eintretenden Durchbiegung würde durchgebogen erhalten; so daß für dauernde Belastungen zu setzen ist: $P = \frac{BE}{L^2}$, wenn P die Belastung bezeichnet, welche der Balken mit genügender Sicherheit auf die Dauer zu tragen vermag.

Torsionsfestigkeit.

Wenn ein prismatischer Balken, dessen Querschnitt eine regelmäßige Figur ist, durch ein Kräftepaar auf Verdrehen in Anspruch genommen ist, und es ist die Ebene dieses Kräftepaars normal zur Längen-Axe des Balkens, so ergiebt sich die Gleichung*) $PR = \varphi . \frac{BE}{L}$, worin PR das Moment des auf Verdrehung wirkenden Kräftepaars, φ den Verdrehungswinkel im Bogenmaaß, B das Biegungs-Moment oder ein von der Form des Querschnitts abhängiger Werth, der, wie oben für das Quadrat $B = \frac{1}{12} h^4$, für den Kreis $B = \frac{1}{64} \pi d^4$ beträgt, und E den Elasticitäts-Modulus bezeichnet. Auch hier hat man für den besondern Fall, welchen die Torsion bedingt, die Elasticitäts-Moduln der Hölzer ermittelt, und es lassen sich, namentlich durch Versuche von Bevan folgende Werthe berechnen:

für Eichenholz, englisches	.	E = 247 100
„ „ im Mittel	.	E = 193 600
„ Rothbuchen	. . . .	E = 262 700
„ Weißbuchen	. . . .	E = 326 800
„ Weißtannen	. . . .	E = 235 900
„ Fichten	. . . . . .	E = 138 000
„ Kiefernholz im Mittel	.	E = 161 000

Diese Werthe für den Elasticitäts-Modul, welcher bei der Inanspruchnahme auf Torsion in Rechnung zu stellen ist, weichen sehr beträchtlich sowohl von dem Elasticitäts-Modulus für Ausrecken und Zusammendrücken (S. 19) als von demjenigen für den Widerstand gegen Zerknicken ab, sie betragen bei einigen Holzarten nahezu nur ein Achtel von dem erstgenannten, und es muß daher vermuthet werden, daß die hier aus den Bevan'schen Versuchen berechneten Werthe nicht die eigentlichen Elasticitäts-Moduln sind, sondern vielmehr solche Werthe, bei denen bereits gewisse Sicherheits-Coefficienten für die Benutzung derselben zur Ermittelung der dauernden Belastungen, welche die Hölzer auf Torsion aushalten können, in Anwendung gebracht worden sind.

Für die Berechnung von Querschnitts-Dimensionen prismatischer Körper hat der Verfasser in der „Lehre von den einfachen Maschinentheilen"

*) Masch. Thl. I. S. 244.

Thl. I. S. 236 folgende Gleichungen in Bezug auf die Inanspruchnahme auf Torsion aufgestellt:

für das Quadrat $PR = \frac{1}{3\sqrt{2}} \cdot s\,h^3$

" " Rechteck $PR = \frac{1}{6} \frac{s\,.\,b\,h}{\sqrt{(b^2 + h^2)}} (h^2 + b^2)$

" den Kreis . $PR = \frac{1}{16} \pi\,.\,s\,.\,d^3 = \frac{1}{2} \pi\,s\,.\,r^3$

" " Ring . $PR = \frac{1}{16} \pi\,.\,s\,.\,\frac{D^4 - d^4}{D}$

worin PR das Moment der Kraft, welche auf Torsion wirkt, h und b die Seiten des Rechteckes, d und r der Durchmesser und Halbmesser des Kreises, D und d der größte und kleinste Durchmesser des Ringstückes und s die Spannung für die Querschnitts-Einheit (Quadratzoll) der äußersten in Anspruch genommenen Faserschicht bezeichnet. Es darf auch hier für s nur etwa $^1/_{12}$ bis $^1/_{10}$ derjenigen Belastungen genommen werden, welche ein Zerdrücken oder Zerreißen der äußersten Faserschicht bedingen würden, wenn es sich um dauernde Belastungen handelt. Diese Werthe sind oben unter den Angaben über die absolute und die rückwirkende Festigkeit der Hölzer gemacht worden.

Ausführlichere Betrachtungen über diesen Gegenstand findet man in dem bereits angeführten Werke des Verfassers: „die Lehre von den einfachen Maschinentheilen" im ersten Theile unter dem Abschnitte „Berechnung stangenförmiger Körper."

§. 8.

Schwinden und Quellen des Holzes.

Wir haben bereits in §. 4 gesehen, daß das Holz überall da nicht anzuwenden ist, wo es auf eine möglichst unveränderliche Form ankommt, und wo die Maschinentheile einer hohen Temperatur oder den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt sind. Es liegt hierin die Andeutung, daß die ebengenannten Einflüsse die Form der aus Holz dargestellten Körper verändern.

Der Grund dieser Veränderung ist vornehmlich der Wassergehalt des Holzes und dessen Veränderlichkeit. (Vergl. §. 6).

Der Wassergehalt des Holzes kann entweder zunehmen oder abnehmen, er bleibt nur in seltenen Fällen dauernd ganz constant.

Wenn der Wassergehalt im Holze zunimmt, sei es dadurch, daß das Holz unmittelbar in Wasser eingetaucht ist, und vermöge der Kapillarität oder des hydrostatischen Druckes Wasser in die Zwischenräume zwischen den Fasern auffaugt, sei es durch die hygroskopischen Eigenschaften des Holzes, vermöge deren es die Feuchtigkeit aus der Luft anzieht und in seine Poren aufnimmt; so pflegt sich nicht nur das spezifische Gewicht, sondern auch das Volum des Holzes zu ändern. Man sagt dann das Holz „quelle."

Wenn dagegen der Feuchtigkeitsgehalt abnimmt, sei es durch Liegen oder durch Austrocknen in einer erhöhten Temperatur, so ändert sich gleichfalls das Volum, die Holzfasern schließen sich, nach Entfernung der in ihren Zwischenräumen befindlichen Feuchtigkeit, dichter und fester aneinander, und es entstehen Verminderungen des ursprünglichen Volums. In diesem Falle sagt man, das Holz „schwinde."

Die Formveränderungen durch Quellen und Schwinden sind daher gerade entgegengesetzt, und sie heben sich in gewisser Beziehung auf. So führt Karmarsch an, daß wenn Holz in ganz dünnen Theilen bei einer Temperatur von + 14 bis + 16 Grad Reaumur völlig lufttrocken geworden ist, nachher einige Zeit in Wasser gelegt wird, bis zu derjenigen Größe vollständig wieder anquelle, welche es in ganz grünem Zustande gehabt habe. Der Werth der Formveränderungen, welche das Holz durch Veränderung seines Feuchtigkeits-Gehaltes erleidet, ist wesentlich abhängig:

a) von der Holzart selbst

b) von der Geschwindigkeit, mit welcher das Austrocknen vor sich gegangen ist, und von dem Grade der Trockenheit selbst,

c) von der Richtung der Holzfasern.

Wenn das Holz sehr schnell und in sehr trockener Atmosphäre ausgetrocknet wird, so ist die erlittene Formveränderung gewöhnlich beträchtlicher, als wenn diese Austrocknung langsam und allmählig von statten geht. Es mag dies dadurch erklärt werden, daß bei einer lebhaften Austrocknung, die mit Temperatur-Erhöhung verbunden ist, nicht allein die Feuchtigkeit, sondern auch die in den Poren befindliche Luftmenge ausgetrieben und dadurch die Möglichkeit eines festen Zusammenschließens der Holzfasern herbeigeführt wird.

Was endlich die Richtung der Holzfasern anbetrifft, so ist zu bemerken, daß das Schwinden in der Längenrichtung der Fasern äußerst gering ist. Bei gerade gewachsenem und gerade gespaltenem Holze ist dieses Schwinden in der Längenrichtung so gering, daß ein Stab, welcher aus geradspaltigem, astfreiem und gesundem Tannenholze gespalten ist, häufig als Pendel für gute Uhren gebraucht wird, und in der Unveränderlichkeit seiner Länge ganz allein dem eigentlichen Compensationspendel nachsteht. Dagegen ist das Schwinden sehr viel beträchtlicher, wenn man ein Stück nach der Richtung der Jahresringe, (d. i. nach der Peripherie des Stammes) oder nach der Richtung der Spiegel (d. i. central aus dem Stamm) ausschneidet. Das Schwinden ist nach der Richtung der Jahresringe am größten und im Allgemeinen drei bis viermal so groß, als in der Richtung der Spiegel. Der Unterschied des Verhaltens des Holzes nach den drei genannten Richtungen tritt besonders auffallend hervor, wenn man beachtet, daß dasselbe Holz, welches nach der Richtung der Fasern ein vortreffliches Pendel gibt, quer durch vom Centrum nach der Peripherie des Stammes geschnitten, ein ebenso gutes Hygrometer giebt, indem es durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre sehr beträchtliche Form-Veränderungen erleidet.

Karmarsch*) theilt nach Versuchen von Laves eine Tabelle mit, welche

*) Mech. Techn. I. S. 641 und 642.

das Maaß des Schwindens verschiedener Holzarten nach Procenten ausgedrückt für die drei angegebenen Richtungen nachweiset. Ueber diese Tabelle wird bemerkt:

1) daß die Versuche mit sehr dünnen Holzstückchen angestellt worden sind;
2) daß die Schwindungsgröße als der Unterschied zwischen dem ganz grünen oder künstlich im Wasser durchnäßten, und dem bei 14 bis 16° R. von der Luft getrocknetem Holze zu verstehen ist, daß folglich:
3) das Schwinden von schon vorher theilweise ausgetrocknetem Holze — sowie das Quellen des ganz lufttrockenen Holzes, wenn dasselbe nur der feuchten Luft ausgesetzt wird — bedeutend geringer ist, als die Angaben in der Tabelle.

Spalte A enthält die Schwindung in der Richtung der Fasern.

Spalte B die Schwindung rechtwinklig gegen die Fasern, und zugleich in der Richtung der Spiegelflächen (also bei Holz, welches nach dem Spiegel oder Spalt geschnitten ist).

Spalte C die Schwindung rechtwinklig gegen die Fasern und zugleich rechtwinklig gegen die Spiegelflächen in der Richtung der Spiegeldicke (mithin bei Holz, welches lediglich nach der Richtung der Jahresringe geschnitten ist).

Es folgt hieraus, daß bei Brettern, welche ohne Rücksicht auf die Lage der Spiegel aus den Stämmen geschnitten sind, also auf ihrer Oberfläche beide Querrichtungen gemischt darbieten, ungefähr eine mittle Schwindung eintreten wird, weshalb in Spalte D noch das Mittel aus den Zahlen B und C aufgenommen ist.

Namen der Holzarten.	Größe des Schwindens für:			
	Längenholz Procent. (A)	Querholz in der Richtung der Spiegel Procent. (B)	Querholz in der Richtung d. Jahrringe Procent. (C)	Querholz im Mittel. Procent. (D)
Ahorn	0.072	3.35	6.59	4.97
Apfelbaum	0.109	3.00	7.39	5.19
Birken	0.222	3.86	9.30	6.58
„ (russisches)	0.065	7.19	8.17	7.68
Birnbaum	0.228	3.94	12.70	8.32
Buchen (Rothbuchen)	0.200	5.03	8.06	6.54
„ (Weißbuchen)	0.400	6.66	10.90	8.78
Buchsbaum	0.026	6.02	10.20	8.11
Ceder	0.017	1.30	3.38	2.34
Ebenholz (schwarzes)	0.010	2.13	4.07	3.10
Eichen (junges)	0.400	3.90	7.55	5.72
„ altes (300 Jahre in einem Dachwerk gewesenes)	0.130	3.13	7.78	5.45
„ englisches	0.140	4.00	9.29	6.64
Erlen	0.369	2.91	5.07	3.99
Eschen, junges zu Tonnenreifen	0.821	4.05	6.56	5.30
„ altes (300 Jahre in einem Dachwerk gewesenes)	0.187	3.84	7.02	5.43

Namen der Holzarten.	Größe des Schwindens für:			
	Längenholz	Querholz in der Richtung		Querholz im Mittel.
		der Spiegel	d. Jahrringe	
	Procent. (A)	Procent. (B)	Procent. (C)	Procent. (D)
Fichten (Rothtanne)	0.076	2.41	6.18	4.29
Föhren	0.120	3.04	5.72	4.38
Grenadillholz	0.117	1.69	2.28	1.98
Jakaranda	0.005	1.28	2.58	1.93
Kirschbaum	0.112	2.85	6.95	4.90
Königsholz	0.081	2.91	4.92	3.91
Lärchen	0.075	2.17	6.32	4.24
Linden	0.208	7.79	11.50	9.64
Mahagoni	0.110	1.09	1.79	1.44
Nußbaum	0.223	3.53	6.25	4.89
Pappel	0.125	2.59	6.40	4.49
Pflaumbaum	0.025	2.02	5.22	3.62
Pockholz	0.625	5.18	7.50	6.34
Roßkastanie	0.088	1.84	5.82	3.83
Sandelholz (rothes)	0.094	1.34	2.01	1.67
Tannen (Weißtannen)	0.122	2.91	6.72	4.81
„ altes (300 Jahre in einem Dachwerk gewesenes)	0.086	4.82	8.13	6.47
Ulmen	0.124	2.94	6.22	4.58
Vogelbeerbaum	0.190	2.11	8.88	5.49
Weide	0.697	2.48	7.31	4.89
„ (Trauerweide)	0.330	2.55	6.91	4.73
Weymouthskiefer	0.160	1.80	5.00	3.40
Zuckerkistenholz	0.066	1.62 bis 4.28	4.75 bis 10.50	3.18 bis 7.39

Zu diesen Resultaten bemerkt Karmarsch:

1) daß das Schwinden in der Länge so gering sei, daß es für die meisten Bearbeitungen des Holzes füglich ganz außer Acht gelassen werden könne, indem es bei den am häufigsten gebrauchten Holzarten nur 0,072 Procent oder $^1/_{1389}$ (Ahorn) bis 0,400 Procent oder $^1/_{250}$ (Weißbuchen und Eichen) beträgt;

2) daß dagegen das Schwinden nach der Breite (nach der Mittelzahl im Spalte D) bei vielen Holzarten auf 4 bis 9 Procent oder $^1/_{25}$ bis $^1/_{11}$ steige und folglich alle Aufmerksamkeit verdiene;

3) daß von allen untersuchten Holzarten das Mahagoniholz am wenigsten (im Mittel 1,44 Procent oder $^1/_{69}$) schwinde, und

4) daß zwar im Allgemeinen die sehr dichten und schweren Hölzer weniger schwinden, als andere, daß aber doch Ausnahmen vorkommen, indem z. B.

das Pockholz ein starkes Schwinden zeige, wogegen das weiche und leichte Cedernholz sich umgekehrt verhalte.

Das Quellen des Holzes findet im umgekehrten Verhältnisse statt, wie das Schwinden, und es ließen sich daher die Resultate der obigen Tabelle auch für diesen Fall umformen.

Interessante Notizen über den Einfluß des Quellens auf den Inhalt hölzerner Gemäße theilt Karmarsch am angeführten Orte mit. Solche Gemäße (Scheffelgemäße, Metzengemäße u. s. w.) zum Messen gewisser trockener Waaren sind entweder in der Weise verfertigt, daß ein dünner Streifen von gespaltenem Eichenholz krummgebogen und um einen kreisförmigen Boden umgelegt ist, so daß die Holzfasern parallel mit der Peripherie des Bodens laufen (nach Art der sogenannten Spahn-Schachteln), oder es sind diese Gemäße nach Art der Fässer oder Wannen aus hölzernen, nebeneinander stehenden Dauben zusammengesetzt, welche mittelst Reifen zusammengehalten werden, und deren Längenfasern normal zur Bodenplatte sind. Im ersten Falle erfährt die Mantelfläche das größte Maaß des Schwindens oder Quellens in der Richtung der Höhe des Gemäßes, weil diese Richtung die Querdimension der Holzfasern ist, im andern Falle erfolgt das größte Schwinden oder Quellen in der Richtung der Peripherien. Nun vergrößerten nach genauen Versuchen Holzgemäße der erstgenannten Construction, bei welchen die Tiefe nahezu gleich dem innern Durchmesser war, nachdem sie zuerst in einem warmen Zimmer ausgetrocknet worden waren, und sich dann acht Tage in einem feuchten Keller befunden hatten, ihren Maaßinhalt um 1 bis $2\frac{4}{5}$ Procent (durchschnittlich nahe 2 Procent); wogegen die Gemäße der andern Construction, welche etwa den halben innern Durchmesser zur Höhe hatten, den Maaßinhalt unter denselben Umständen nur um $\frac{1}{20}$ bis $\frac{2}{3}$ Procent vergrößerten.

Wenn lufttrockenes Holz in Wasser gelegt wird, so quillt es nach dem oben Vorgetragenen wieder an, indem es Wasser einsaugt. Durch das Ansaugen des Wassers verändert es sein Volum und sein spezifisches Gewicht und zwar nehmen beide Werthe zu, indessen nicht in gleichem Verhältniß.

Die Volumzunahme (das Anquellen) erfolgt viel schneller und erreicht viel früher das Maximum als die Gewichtszunahme, so daß, während das Maximum der erstern oft schon in $1\frac{1}{2}$ bis 2 Monaten erreicht ist, das Maximum der Wasser-Einsaugung erst in mindestens 6 Monaten, oft auch erst in 2 bis 3 Jahren eintritt.

Karmarsch giebt nach Versuchen von Weisbach folgende Zusammenstellung, welche in der letzten Kolumne für preußisches Maaß und Gewicht umgerechnet ist.

Namen der Holzarten.	Spezifisches Gewicht		Zunahme in Folge der Durchnässung		Durchschnittl. Gewicht von 1 preußischen Kubikfuß durchnäßten Holzes. preuß. Pfd.
	völlig lufttrocken.	völlig durchnäßt.	am Volumen. Procent.	am Gewichte. Procent.	
Ahorn . .	0.612—0.686	1.098—1.172	7.1—9.8	7.1— 7.9	75
Apfelbaum .	0.674	1.130	10.9	8.6	75
Birke . . .	0.591—0.623	1.090—1.091	7.0—8.8	9.1— 9.7	72
Birnbaum .	0.648	1.141	8.6	9.1	76
Buche . .	0.634—0.762	1.035—1.179	9.5—11.8	6.3— 9.9	73
Eiche . . .	0.629—0.750	1.050—1.171	5.5—7.9	6.0— 9.1	73
Erle . . .	0.423—0.503	1.040—1.121	5.8—6.8	13.6—16.3	71
Esche . . .	0.700	1.105	7.5	7.0	73
Fichte . .	0.366—0.526	0.761—0.921	4.4—8.6	7.0—16.6	56
Föhre . .	0.463	0.890	4.8	10.2	59
Kirschbaum .	0.577	0.993	9.4	8.8	66
Linde . . .	0.588	1.126	11.3	11.3	75
Pappel . .	0.353	1.021	8.5	21.4	67
„ (Espe)	0.581—0.661	0.981—1.103	5.2—8.0	7.8— 8.0	68
Tanne . .	0.455—0.505	0.874—0.948	3.6—7.2	8.3—12.3	61
Ulme . . .	0.609	1.123	9.7	10.2	75
Weißbuche .	0.781	1.124	12.9	6.0	75

Das Schwinden und Quellen des Holzes ist von der erheblichsten Bedeutung, wenn es sich darum handelt, Körper von möglichst unwandelbarer Form herzustellen. Da nämlich, wie wir gesehen haben, die verschiedenen Dimensionen des Holzes nicht in gleichem Verhältniß sich zusammenziehen oder ausdehnen, so erfolgt durch das Schwinden und Quellen der hölzernen Körper nicht allein eine Volum-Aenderung, sondern auch eine Formänderung dergestalt, daß eine neue Körperform erscheint, welche der ursprünglichen nicht nur nicht congruent, sondern auch nicht einmal mathematisch ähnlich ist. Ein Würfel von Holz z. B. wird, nachdem er dem Schwinden oder Quellen ausgesetzt gewesen, nicht mehr ein Würfel bleiben, sondern im günstigsten Falle ein Prisma von quadratischem Querschnitt werden, im Allgemeinen aber ein sechskantiger Körper bleiben, dessen Begränzungsflächen aber sehr verschiedene Formen annehmen können.

Diese Formveränderungen sind durch gewisse geschickte Anordnungen der Holzfasern und durch eine angemessene Auswahl der Hölzer zwar nie ganz zu vermeiden, indessen doch auf ein möglichst geringes Maaß zurückzuführen.

Um hiernach möglichst geringe Form-Veränderungen zu erzielen, muß man vor allen Dingen zur Anfertigung des Gegenstandes möglichst trockenes, möglichst gerad gewachsenes und nicht zu dünnes Holz nehmen. Die übrigen Rücksichten hängen wesentlich von der Gestalt des darzustellenden Körpers ab.

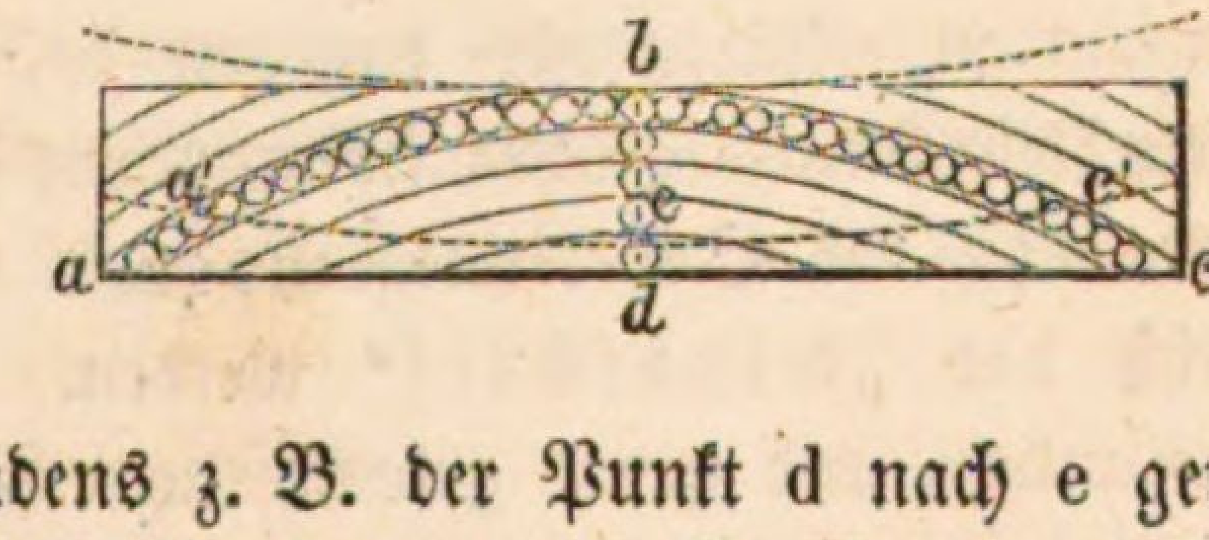
Wenn man cylindrische Körper aus einem Stück auf der Drehbank herstellen will, so wird die Veränderung der Form durch Schwinden und Quellen am meisten vermieden werden, wenn man den Cylinder aus dem vollen Kernholz

dreht, so daß die Längenfasern mit der Axe des Cylinders parallel laufen und die Jahresringe womöglich concentrisch mit der Peripherie des Cylinders liegen. Weniger genau verfährt man schon, wenn man den Cylinder aus einem Stück Kreuzholz dreht, und am wenigsten genau wird der darzustellende Körper die cylindrische Form behalten, wenn die Axe desselben mit dem Durchmesser des Stammes zusammenfällt, oder mit demselben parallel ist, so daß ein Theil der Peripherie aus Hirnholz besteht. Solche Gegenstände werden, selbst bei Verwendung von sehr gutem, trockenem und geradem Holz, sehr leicht oval (eirund).

Cylindrische Körper, deren Durchmesser so groß ist, daß man sie nicht aus vollem Holze drehen kann, werden mit möglichster Sicherheit gegen Formveränderung hergestellt, wenn man dünne Fourniere kreisförmig zusammenbiegt, so daß die Längenfasern in die Peripherie des Cylinders fallen, und solche concentrisch aufeinander leimt, bis sie den erforderlichen Durchmesser darbieten. In dieser Weise macht man mit Vortheil z. B. die hölzernen Gußmodelle von den Kränzen der Zahnräder.

Wenn ein Stamm durch Längenschnitte in Bretter oder Bohlen zertheilt ist, so kann nur eine Bohle (die Kernbohle) existiren, deren Mittel-Ebene genau mit der Durchmesser-Ebene des Stammes zusammenfällt; alle übrigen Bretter oder Bohlen sind mit der Durchmesser-Ebene parallel und es sind daher die Fasern des Holzes in beiden Flächenseiten des Brettes oder der Bohle verschieden geordnet. Wenn man nämlich das Hirnende eines solchen Brettes betrachtet, so sieht man, daß darin Bogenstücke der Jahresringe erscheinen und daß der einen flachen Seite die concaven Theile der Jahresringe, der andern die convexen Theile derselben zugekehrt sind. Hieraus erklärt sich, daß ebene Platten, selbst wenn sie auf beiden Seiten in ganz gleicher Weise der Luft ausgesetzt sind, durch bloßes Trocknen krumm werden müssen, und zwar in der Weise, daß dieselben auf derjenigen Seite convex werden, welche dem Kern des Stammes am nächsten befindlich war. Diese Erscheinung wird mit Hülfe des nebenstehenden Holzschnittes verständlich sein.

Das längste zusammenhängende Bogenstück der Jahresringe a b c sei concentrisch mit der Axe des Stammes, es enthalte die Dicke des Brettstückes b d, wie in der Figur angedeutet, fünf Holzfasern, die Länge des Bogenstückes a b c aber deren dreißig; wenn nun die Holzfasern in den Hauptdimensionen im Allgemeinen um gleich viel schwinden, so verkürzt sich die Länge a b c, welche sechsmal so viel Fasern enthält, als die Dicke a b, auch um das Sechsfache derjenigen Verkürzung, welche die Dicke



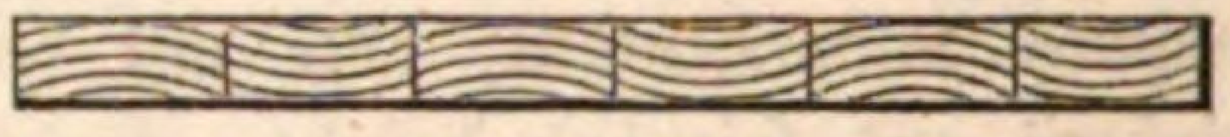
b d erleidet; ist nun vermöge des Schwindens z. B. der Punkt d nach e gerückt, so daß d e die Verkürzung der Dimension b d ist, so muß die Verkürzung des Bogens a b c gleich sechsmal d e geworden sein, d. h. es muß im Allgemeinen der Punkt a um 3 d e und auch der Punkt c um 3 d e nach b hingerückt sein, so daß die ursprünglich gerade Linie a b c nun den Bogen a′ e c′ bildet.

Je kürzer nun das Bogenstück a b c im Verhältniß der Dicke b d ist, um so

weniger wird eine solche Krümmung stattfinden, und es ist daher rathsam, wenn man große Flächen darstellen will, die möglichst eben bleiben sollen, dieselben

1) aus mehrern schmalen Stücken, welche aneinander geleimt werden, zusammenzusetzen und

2) die Lage dieser Holzstücke zu wechseln, wie es der nebenstehende Holzschnitt zeigt, so daß einmal die convexe Seite der Jahrringe oben und das nächstemal diese convexe Seite unten liegt.



Wenn dagegen die beiden flachen Seiten eines Brettstückes ungleichen Bedingungen unterworfen sind, so kann es vorkommen, daß die Feuchtigkeit die Fasern auf der einen Seite ausdehnt, während die Fasern an der andern Seite, die der Luft ausgesetzt ist, sich zusammenziehen. In diesem Falle wird das Brettstück nach der trockenen Seite hin concav werden. Es ist hiernach ein naheliegendes Mittel, Brettstücke, welche sich hohl gezogen haben, von der convexen Seite der Wärme auszusetzen, damit sie sich wieder gerade richten.

Jede ungleichmäßige Behandlung der beiden flachen Seiten eines Brettstückes bedingt gewöhnlich eine Tendenz desselben zum Krummwerden (Werfen). Wenn man z. B. einen Bogen Papier auf ein dünnes Brett klebt, so ist anfänglich der in das Holz eindringende Klebstoff bestrebt, das Brettchen convex zu machen, später, wenn das Papier trocknet und sich zusammenzieht, zwingt es das Brettstück zu folgen, und letztes wird concav gezogen. Man vermeidet diesen Uebelstand, wenn man beide Seiten des Brettstückes mit gleich starkem Papier und in gleicher Weise beklebt.

Beim Aufleimen von Querleisten auf dünne Brettstücke zeigt sich nicht selten derselbe Uebelstand. Es ist ein leichtes und oft ausreichendes Hülfsmittel, die entgegengesetzte Seite des Brettstückes, da wo die Leiste aufgeleimt wird, mit einem Schwamm leicht zu befeuchten, so daß die eindringende Feuchtigkeit und der von der andern Seite eindringende Leim ein entgegengesetztes Bestreben bedingen und auf solche Weise bei geschickter Behandlung die ebene Fläche des Brettchens erhalten.

Das Bestreben der Hölzer, krumm zu werden, ist in der Längenrichtung viel geringer, als in den Querdimensionen, was durch das geringe Bestreben zu schwinden oder zu quellen, welches für die Längenrichtung der Fasern besteht, genugsam zu erklären ist; dagegen besteht für die Längenrichtung der Hölzer ein anderer Uebelstand, welcher in manchen Fällen viel schlimmer ist, als das Krummwerden nach der Querdimension, und welcher oft viel schwerer zu vermeiden ist, nämlich das „windschief" werden. Dieser Fehler findet am wenigsten statt bei gesundem und gerad gewachsenem Fichtenholz und bei Mahagoniholz, weshalb man vorzugsweise diese Holzarten zu wählen hat für Arbeiten, bei denen es auf eine möglichst geringe Formveränderung ankommt, wie z. B. für Gußmodelle und für solche Gegenstände, die starken klimatischen Einflüssen ausgesetzt sind.

Das Windschiefwerden mag theils in der krummen Gestalt der Holz-

fasern in Bezug auf die Längendimension des gewachsenen Holzes, theils auch in der spiralförmigen Richtung, in welcher manche Hölzer wachsen, seinen Grund haben. Bei manchen Hölzern z. B. findet man die Rinde in Längenrissen geborsten, deren Richtung mehr als 15 bis 20 Grad von der Axenrichtung des Stammes abweicht, und bei einigen Hölzern beträgt die Windung dieser Risse 30 bis 40 Grad. Die Hölzer selbst zeigen hiernach ein sehr verschiedenes Verhalten, wenn man sie durch den Mittelpunkt des Querschnitts spaltet.

Während manche Hölzer eine ziemlich ebene Spaltfläche darbieten, erscheinen andere vollständig gewunden, und es kann daher nicht auffallen, wenn Bretter, welche aus solchen gewundenen Hölzern eben ausgeschnitten sind, dem Bestreben der einzelnen Holzfasern nachgebend, gleichfalls sich schraubenförmig werfen.

Als Beispiel solcher spiralförmigen Windungen mag ein Stück Buchsbaumholz dienen, welches bei drei Fuß Länge und neun Zoll Durchmesser, an der Außenfläche nicht weniger als fünf schraubenförmige Risse zeigte, die mit der Axe einen Winkel von fast 30 Grad bildeten, so daß auf die genannte Länge genau ein vollständiger Schraubengang für jeden Riß kam.

Die Mittel, welche man in Anwendung bringt, um das Werfen und Reißen des Holzes zu vermeiden, oder doch wenigstens möglichst unschädlich zu machen, stellt Karmarsch in folgender Weise zusammen:

1) Möglichst vollkommene Austrocknung (siehe §. 10) und zwar so, daß es weder zu schnell, noch zu langsam erfolge, und daß es in so dünnen Stücken vorgenommen werde, als die Bestimmung des Holzes es irgend zuläßt.
2) Durchdringung und Ueberziehung des verarbeiteten Holzes mit solchen Substanzen, die das Eindringen der Feuchtigkeit verhindern (siehe §. 10);
3) Zweckmäßige Wahl der Faserrichtungen in den Holzarbeiten.
4) Gehörige Rücksicht auf die Lage der Spiegel und des Kerns bei der Zertheilung und Ausarbeitung des Holzes.
5) Zusammensetzung aus kleinen Theilen.
6) Eine Art der Zusammenfügung, durch welche entweder dem Holze für den Fall des Schwindens eine dem Reißen vorbeugende Beweglichkeit gelassen, oder auf dasselbe ein mechanischer Widerstand gegen das Werfen ausgeübt wird.
7) Entfernung der Saftbestandtheile aus dem Holze, und zwar vorzugsweise durch Auslaugen mit kaltem Wasser, durch Auskochen (Auslaugen mit kochendem Wasser) und durch Dämpfen (Auslaugen mittelst Anwendung von Wasserdampf).

§. 9.

Bedingungen der Fäulniß des Holzes und Mittel gegen dieselbe.

Die in den Hölzern enthaltenen Saftbestandtheile bilden meistens die Veranlassung, daß das Holz durch denjenigen chemischen Vorgang einer Zerstörung

unterliegt, welchen man als die Fäulniß bezeichnet. Die eigentliche Holzfaser ist an und für sich der Gährung und der dadurch bedingten chemischen Zersetzung nicht sehr geneigt; es müssen meist noch andere Stoffe, die nicht zur Holzfaser gehören, vorhanden sein, um diesen Gährungsprozeß einzuleiten, und diese Stoffe sind gewöhnlich in dem Pflanzensaft hinreichend gegeben. Da bekanntlich zur Fäulniß organischer Substanzen folgende Bedingungen erfüllt werden müssen:

1) Aufhören des organischen Lebens,
2) erhöhte Temperatur über 0 Grad,
3) Vorhandensein von Wasser,
4) Zutritt der atmosphärischen Luft*),

so ist eine Fäulniß des Holzes auch nur unter diesen Bedingungen und dann denkbar, wenn in dem Holze Substanzen vorhanden sind, welche eine Fäulniß einleiten.

Von den beiden ersten Bedingungen ist bei den aus Holz dargestellten Gegenständen die erste immer, die zweite in unserm Klima meistentheils vorhanden; es bleibt daher zur Beseitigung der Fäulniß des Holzes nur übrig, die beiden andern Bedingungen und das Vorhandensein zur Fäulniß geneigter Stoffe zu vermeiden, indem man entweder diese drei Erfordernisse gleichzeitig, oder wenigstens eines derselben beseitigt.

Die Mittel zur Conservirung des verarbeiteten Holzes sind hiernach im Folgenden zusammenzufassen:

1) Beseitigung des Wassergehaltes des Holzes und Schutz gegen Feuchtigkeit, die von außen hinzutritt;
2) Verhütung des Zutrittes der atmosphärischen Luft;
3) Beseitigung der zur Fäulniß geneigten Saftbestandtheile des Holzes oder wenigstens Schutz derselben gegen die Einflüsse, welche Fäulniß bedingen.

Das erste Mittel besteht im Austrocknen des Holzes entweder durch den bloßen Einfluß der Luft (Austrocknen auf natürlichem Wege) oder durch Beförderung der Verdampfung des im Holze befindlichen Wassers mittelst erhöhter Temperatur oder durch Luftverdünnung (Austrocknen auf künstlichem Wege).

Die Verhütung des Zutrittes der atmosphärischen Luft kann entweder durch Anstriche und Ueberzüge geschehen, welche auch zugleich den Zutritt der Feuchtigkeit verhindern, oder auch dadurch, daß das Holz sich fortwährend unter Wasser befindet. Holz, welches fortwährend vom Wasser bedeckt ist, fault bekanntlich nicht, wogegen solche Hölzer, die abwechselnd dem Wasser und der Luft zugänglich sind, leicht in Fäulniß übergehen.

Endlich das dritte der oben angeführten Mittel wird in Anwendung gebracht entweder dadurch, daß man die Saftbestandtheile aus dem Holze entfernt, d. h. daß man das Holz auslaugt, oder indem man die Saftbestandtheile im Holze mit solchen andern Stoffen überzieht, welche sie der Fäulniß unzugänglich machen (Tränken des Holzes).

---

*) Techn. Chem. III. Kapitel XV.

§. 10.

Austrocknen und Anstreichen des Holzes.

Das Austrocknen an der Luft geht meistens sehr langsam von statten, und beseitigt den Wassergehalt des Holzes nur bis zu einem gewissen Grade. (Vergl. §. 6.) Man muß dabei außerdem mit besonderer Vorsicht zu Werke gehen, denn da die äußern, der Luft zunächst zugänglichen Flächen des Holzes zuerst austrocknen, sich dabei zusammenziehen und an den inneren Faserschichten Widerstand finden, so entstehen dadurch leicht Risse; diese Risse bilden meistens Spalten, die von der äußern Oberfläche central nach der Mitte des Stückes gehen (Trockenrisse), und ähnliche Zerklüftungen entstehen an den Hirnenden der Stücke, indem sich radiale Sprünge bilden (Kernrisse). Man vermeidet letztere dadurch, daß man das zu schnelle Austrocknen der Hirnenden zu mäßigen sucht, indem man dieselben mit Papier beklebt, mit Oelfarbe anstreicht oder auch mit Lehm beschlägt. Geschieht das Austrocknen an der Luft zu langsam, so läuft man Gefahr, daß sich schon während desselben ein Prozeß der Verderbniß einleitet, und es tritt häufig das sogenannte Verstocken und das Schimmeln des Holzes ein.

Beim Austrocknen an der Luft müssen alle Oberflächen des Holzes möglichst gleichmäßig der Luft zugänglich sein, das Holz muß daher auf Unterlagen liegen, und es ist außerdem zweckmäßig, die zu trocknenden Hölzer von Zeit zu Zeit umzupacken. Am besten sollen die Hölzer trocknen, wenn man sie aufrecht stellt, auch sollen dabei am wenigsten Risse entstehen. Die Räume, in welchen Holz getrocknet wird, müssen einen hinlänglichen Luftwechsel gestatten, damit die sich bildende feuchte Luft durch trockene sich leicht ersetzen kann; man muß außerdem die Räume gegen äußere Nässe (Regen und Erdfeuchtigkeit), sowie gegen die Wirkung der Sonnenstrahlen schützen.

Da das langsame Austrocknen durch die bloße Einwirkung der Luft viel Zeit und damit nicht unbeträchtliche Kapitalzinsen, auch bedeutende Räumlichkeit erfordert, so hat man mit Erfolg das Austrocknen durch künstliche Mittel versucht. Durch das schnelle Austreiben der Feuchtigkeit, und indem man dieselbe aus allen Theilen gleichzeitig entfernt, wird auch die oben angegebene Veranlassung zum Entstehen der Risse vermieden.

Diese künstliche Austrocknung der Hölzer geschieht entweder in erwärmten Räumen, oder durch Anwendung von überhitztem Wasserdampf. Letztere Methode scheint mancherlei praktische Schwierigkeiten zu haben, zu denen namentlich die erforderliche hohe Temperatur des Wasserdampfes gehört, welche auf die Textur und die Farbe des Holzes nicht ohne schädlichen Einfluß bleibt. Die erstgenannte Methode findet unter andern auf dem Schiffsbauplatze von Robert Napier & Söhne in Glaskow Anwendung*).

Der Apparat besteht in einer Trockenkammer von etwa 60 Fuß Länge, 3½ Fuß Breite und 7½ Fuß Höhe im Lichten (Taf. I. Fig. 1); die Wände

*) Civ. Eng. and Arch. J. XVIII (1855), S. 386. Dingler CXXXIX S. 182 (1856, I. Februarheft).

sind in Ziegelsteinen, einen Stein stark, aufgeführt, und die Bedachung wird durch 5 Zoll starke Steinplatten gebildet. An dem einen Ende der Trockenkammer befindet sich der Ofen, welcher von außen gefeuert wird und welcher den nöthigen Luftzug durch einen am entgegengesetzten Ende der Trockenkammer befindlichen Schornstein empfängt. Das Brennmaterial wird durch die in Fig. 1[b] sichtbare Heizöffnung eingetragen und durch dieselbe Oeffnung tritt auch die atmosphärische Luft ein, welche von oben nach unten hin durch das Brennmaterial (1) ziehend, am untern Ende durch die Roststäbe (2) austritt, also gerade in entgegengesetzter Weise, wie bei den gewöhnlichen Feuerungen. Indem die Luft bei dem Durchgange durch das brennende Material erwärmt wird, gelangt sie durch den Rost (2) in den Aschenfall (3) und aus diesem in die erste Abtheilung der Trockenkammer, welche von der andern Abtheilung durch eine Zwischenmauer (4) getrennt ist. Diese erste Abtheilung bildet einen Raum, in welchem sich die durch das Brennmaterial gegangene Luft, die auch die entstandenen Produkte der Verbrennung aufgenommen hat, mit neuer atmosphärischer Luft, welche durch die hohlen Roststäbe (3) unmittelbar in den Mischungsraum gelangt ist, vermengt und aus welchem dieselbe durch die über der Zwischenmauer (4) bleibende Oeffnung, die ungefähr die halbe Höhe des in der zweiten Abtheilung befindlichen Holzstapels hat, in diese letztgenannte Abtheilung überströmt.

Die zweite Abtheilung der Trockenkammer bildet den eigentlichen Trockenraum für das Holz. Am Boden dieses Raumes befindet sich ein oben offener Kanal (5), über welchem das zu trocknende Holz (7) in der aus Fig. 1[a], 1[b] und 1[c] ersichtlichen Weise aufgestapelt ist. Die heiße Luft gelangt zuerst in den obern Theil dieses Trockenraumes, umspült die einzelnen Balken (7) und tritt endlich in den Kanal (5) und durch diesen in den Schornstein. Der Luftzug kann durch den Schieber (6) regulirt werden, während die Thür (8) zum Eintragen und Ausladen des Holzes dient.

Die Feuerungs-Anlage soll den Vortheil gewähren, daß das zu trocknende Holz vor der Einwirkung der Funken und des Rauches möglichst geschützt ist, indem die erste Abtheilung der Trockenkammer zugleich als Funkenfänger dient.

Fig. 1[a] ist ein Längendurchschnitt der ganzen Trockenkammer.

Fig. 1[b] ist ein Querdurchschnitt durch die Feuerung mit der Aussicht nach der Scheidewand;

Fig. 1[c] ist ein Querdurchschnitt durch den Trockenraum desgl.

(1) Feuerraum,	(5) Feuerkanal,
(2) Roststäbe,	(6) Schornsteinregister,
(3) Aschenfall,	(7) Holz zum Trocknen,
(4) Scheidewand,	(8) Eingangsthür,

A. B. C. D. Thermometer während dem Versuche.

Napier theilt über seine Anlage folgende Versuche und Resultate mit.

Ungefähr 400 Kubikfuß*) tannene Bohlen zu Schiffsdecken von 6 Zoll

*) Maaß und Gewicht englisch.

Breite und 2 1/2 Zoll Dicke, welche etwa 7 Tons (240 Centner) wogen und zusammen eine Länge von etwa 3850 Fuß hatten, wurden in die Trockenkammer eingesetzt und in 11 Reihen, jede auf Querbalken, aufgestapelt. Darauf wurde die Thür verschlossen und auf dem Herde das Kokesfeuer angezündet. Nachdem es 50 1/2 Stunde gebrannt hatte, wurde die eine obere Reihe weggenommen und gewogen, worauf das Feuer noch 14 Stunden, im Ganzen also 64 1/2 Stunden brannte und dann verlosch. Die übrigen Bohlen wurden sodann herausgenommen und gewogen. Die Resultate giebt die folgende Tabelle (die Nummern der Reihen sind so gezählt, daß die unterste Lage der Bohlen mit Nro. 1 bezeichnet ist).

Nummer der Reihe.	Länge in jeder Reihe in Fußen.	Gewicht des ungetrockneten Holzes. Centner.	Gewicht des getrockneten Holzes. Centner.	Gewichtsverlust oder verdampftes Wasser. Centner.	Verluste in Procenten.	Bemerkungen.
11	245	8,00	6,54	1,46	18	50 1/2 Stunde in der Trockenkammer.
10	205	8,02	6,52	1,50	19	5 1/2 Centner Kokes nach der Berechng. verbraucht.
9	306	10,58	8,46	2,12	20	
8	297	10,47	8,44	2,03	20	
7	342	12,45	9,80	2,65	21,2	64 1/2 Stunde in der Trockenkammer.
6	288	10,13	8,33	1,80	17,75	
5	334	13,33	10,94	2,39	18	7 Centner harten Ofen-Kokes verbraucht.
4	388	13,95	11,75	2,20	14,3	
3	402	14,24	12,4	1,84	13	
2	470	15,83	14,21	1,62	10,2	
1	570	22,45	19,90	2,55	11,32	

Von jedem Pfund Kokes, welches verbrannt worden, wurde nahezu 3,2 Pfund Wasser verdampft.

Dies Resultat ist nicht so auffallend gering, wie es auf den ersten Anblick scheinen mag (da nach den Brix'schen Versuchen die nutzbare Heizkraft eines Pfundes Kokes 7,5 Pfund Wasser von 0 Grad in Dampf von 100 Grad C. verwandelt), wenn man bedenkt, daß hier die Entwickelung des Wasserdampfes unter viel ungünstigern Umständen, als in einem gut construirten Kessel stattfinden muß, und daß man hier noch die Erwärmung der beträchtlichen Holzmenge herbeiführen muß. Gleichwohl ist nicht zu bezweifeln, daß man günstigere Resultate erhalten könne, wenn man die Trockenkammer gehörig gegen Abkühlung von außen schützen wollte.

Die an den verschiedenen Punkten A. B. C. D. der Trockenkammer aufgestellten Thermometer zeigten folgende Temperaturen in Graden Celsius.

				A.	B.	C.	D.
Septbr.	1. Nachmittags	5	Uhr	115,5	93,33	26,67	43,33
"	2. Morgens	6	"	104,5	76,67	29,44	37,78
"	2. Mittags	12	"	115,5	82,22	26,67	40,55
"	2. Abends	6	"	115,5	82,22	26,67	40,55
"	3. Morgens	6	"	129,5	165,56	29,44	43,33
"	3. "	7	"	131,1	110,00	29,44	44,44
"	3. "	8	"	118,33	117,17	26,67	37,78
"	3. "	9	"	129,5	110,00	30,55	46,11
"	3. "	10	"	152,33	104,5	18,33*)	48,89
"	3. "	11	"	137,78	98,89	31,11	48,89
"	3. Mittags	12	"	165,56	97,78	37,78	51,67
"	3. Nachmittags	2	"	140,56	93,33	37,78	54,44
"	3. "	3	"	—	—	—	52,22

Eine andere Methode, das Holz durch Erwärmung zu trocknen, besteht darin, daß man die Hölzer aufrecht in einen etwa 30 Fuß hohen und 4 bis 5 Fuß im Durchmesser haltenden Cylinder aus Gußeisen einsetzt, diesen luftdicht verschließt, von außen durch Dampf, oder in einem Sandbade, oder durch directes Feuer erwärmt, und die im Innern sich aus dem Holze entwickelnden Wasserdämpfe mittelst einer Luftpumpe absaugt, und in dem Abführungsrohr condensirt. Die im Innern stattfindende Temperatur beträgt 45 bis höchstens 95 Grad C. und die durch die Luftpumpe erzielte Verdünnung entspricht einer Quecksilbersäule von 2 bis 3 Zollen. Schwaches Holz soll in 12 Stunden, starke Balken aber erst in etwa einer Woche ausgetrocknet sein. Die Austrocknung ist beendet, wenn das Quecksilber-Manometer an dem gußeisernen Trocknungs-Cylinder nach Absperrung dieses letztern von der Luftpumpe seinen Stand nicht ändert. Dieß dient als Anzeichen, daß sich aus dem Holze Wasserdämpfe nicht mehr entwickeln.

Zu bemerken ist noch, daß man das Holz bei dergleichen Trocken-Apparaten keiner höhern Temperatur, als etwa 175 Grad C. aussetzen darf, da die Holzfaser bei dieser Temperatur bereits anfängt sich zu bräunen, während sie bei 250 Grad C. schon verkohlt.

Wenn es auf das äußere Ansehen des Holzes nicht wesentlich ankommt, so ist es freilich oft zweckmäßig, den Augenblick, in welchem das Holz anfängt sich zu bräunen, absichtlich herbeizuführen. Wir wollen diese Operation als Dörren des Holzes bezeichnen. In gedörrtem Holze haben die Saftbestandtheile meistens bereits eine chemische Zersetzung erlitten, oder sie sind mechanisch verändert worden, indem z. B. das Pflanzen-Eiweiß geronnen ist. Beide Fälle machen diese Saftbestandtheile der Fäulniß weniger zugänglich, und es kann daher unter gewissen

*) Die Zahl 18,33 (im englischen Original 65 Grad F) in der Kolonne C. ist in dem Original mit einem Fragezeichen versehen, auch bemerkt Napier, er könne nicht erklären, weshalb das Thermometer C. immer so bedeutend niedriger gewesen sei, als das Thermometer D.

Umständen das Dörren des Holzes ebenfalls als ein Mittel zur Conservirung empfohlen werden. Bekannt ist ja das Verfahren, Pfosten und Pfähle, welche in die Erde getrieben werden sollen, an der der Fäulniß zunächst zugänglichen Stelle zu verkohlen. Es hat dieß Verfahren denselben Sinn, wie das Dörren des Holzes.

Um das also getrocknete Holz gegen Fäulniß zu schützen, gehört aber noch ferner, daß dasselbe auch nach seiner Austrocknung der Einwirkung der Feuchtigkeit entzogen wird. Dasselbe muß also auch im verarbeiteten Zustande entweder nur an trockenen Orten aufbewahrt werden, oder man hat dasselbe mit einem Ueberzuge oder mit einem Anstrich zu versehen, welcher das Eindringen der Nässe abhalten soll. Zu solchen Ueberzügen verwendet man theils Oelfarbe, Oelfirnisse, theils auch Theer und in neuerer Zeit wieder Wasserglas *). Feinere und saubere Holzarbeiten, z. B. Gußmodelle u. dgl., schützt man dadurch, daß man sie mit Schellack polirt oder auch lackirt **).

§. 11.

Auslaugen und Tränken des Holzes.

Die Beseitigung der Fäulniß des Holzes kann nach §. 9 auch dadurch herbeigeführt werden, daß man die zur Fäulniß neigenden Saftbestandtheile des Holzes entweder entfernt, oder doch unschädlich macht. Dies hat noch den Vortheil, daß das Holz hierdurch auch gegen das Werfen und Ziehen in gewissem Grade geschützt wird (vergl. §. 8), da selbst nach dem Austrocknen

---

*) Das (bereits vor mehr als 20 Jahren) von dem Ober-Bergrath Professor Fuchs in München erfundene, neuerdings wieder angewandte Wasserglas ist ein flüssiges Natron, oder Kaliglas, welches durch Zusammenschmelzen von Soda oder Pottasche mit reinem Quarzsande erhalten wird. Man schmelzt (Mech. Techn. I. 824) 15 Theile gepochten Quarz oder thonfreien Kieselsand mit 10 Theilen guter Pottasche oder Soda und 1 Theil Kohlenstaub. Die entstandene glasartige, in kaltem Wasser fast gar nicht auflösliche Masse wird mit einem eisernen Löffel aus dem Schmelztiegel geschöpft, nach dem Erkalten gepulvert und allmählig unter fortwährendem Umrühren in das 4- bis 5fache Gewicht kochenden Wassers eingetragen. Das Kochen wird fortgesetzt, bis sich nichts mehr auflöst und die Flüssigkeit einem dünnen Syrup gleicht. Dieselbe ist etwas klebrig und trüb, läßt sich mit reinem Wasser verdünnen und bildet auf Holz gestrichen, indem sie schnell trocknet, einen firnißartigen Ueberzug, der sich durch die Einwirkung der Luft nicht verändert, in kaltem Wasser nur sehr langsam aufgelöst wird, und dem Feuer genugsam widersteht, um die bestrichenen Gegenstände einige Zeit vor dem Anbrennen zu schützen.

In der technischen Fabrik von Kulmann in Lille wird das Wasserglas durch directe Auflösung von Quarz (Feuerstein) in einer starken Natronlauge in eisernen Kesseln unter einem Druck von 7 bis 8 Atmosphären, also ohne vorangehende Schmelzung dargestellt. Das Wasserglas hat namentlich in Frankreich eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden, um Mauern, welche mit gewöhnlichem oder mit hydraulischem Mörtel geputzt sind, sowie solche, die aus verwitternden Steinen aufgeführt sind, zu überziehen, um vor den Einflüssen der Atmosphäre zu schützen. Die Statuen und Sculpturen der Façaden des Louvre, und die in Ninive ausgegrabenen Sculpturen hat man mit Wasserglas überzogen, um sie vor dem Verwittern zu schützen.

**) Eine Menge Recepte zu Anstrichen, Firnissen, Polituren, zu Lacken, Broncirungen ꝛc. ꝛc. findet man in Karmarsch, Mech. Techn. I. S. 809 bis 831.

des Holzes diese zurückbleibenden Saftbestandtheile mehr oder weniger hygroskopisch sind und das Bestreben haben, die Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen.

Die Entfernung der Saftbestandtheile aus dem Holze geschieht durch das sogenannte Auslaugen. Entweder läßt man das Holz längere Zeit (drei bis vier Sommer hindurch) in fließendem Wasser liegen und wartet, bis die Bewegung des Wassers die Saftbestandtheile ausgewaschen hat (Auslaugen in kaltem Wasser), oder man kocht das Holz in Wasser (Auslaugen mit kochendem Wasser), oder endlich man wendet Wasserdampf an (Dämpfen des Holzes).

Die beiden ersten Methoden sind ziemlich unvollkommen, namentlich die erste, dagegen ist das Dämpfen des Holzes das vollkommenste Mittel die Saftbestandtheile zu entfernen.

Das Holz wird in einen hölzernen Kasten (den Auslaugekasten) eingetragen, am besten in der Weise, daß in das Innere des Kastens ein Schienengeleis von außen hineingeführt, daß man das Holz außerhalb des Kastens auf niedrigen, eisernen Wagen mit gehörigen Zwischenlagen schichtet, und den so beladenen Wagen in den Kasten hineinschiebt, letzteren dampfdicht verschließt und nun aus einem Niederdruck-Dampfkessel Wasserdampf in das Innere des Kastens leitet. Man rechnet auf je 40 Kubikfuß Inhalt des Auslaugekastens einen Quadratfuß feuerberührter Fläche des Kessels. Der Wasserdampf, welcher in der ersten Zeit das Holz erwärmt, sich dadurch schnell zu Wasser condensirt, sammelt sich in tropfbar flüssiger Gestalt auf dem Boden des Kastens und wird durch einen Abflußhahn ausgelassen. Nachdem das Holz erwärmt ist, welches 12 bis 15 Stunden dauert, kann man den Dampf, der Anfangs nur langsam zugelassen wurde, etwas lebhafter einströmen lassen, derselbe durchdringt die Zwischenräume zwischen den Holzfasern, treibt entweder die Saftbestandtheile heraus, oder löst sie auf, oder verflüchtigt sie. Will man die Auslaugung vollständig zu Ende führen, so setzt man den Prozeß so lange fort, bis die Flüssigkeit, welche Anfangs aus dem Abflußhahn ziemlich wässerig und hell, dann immer trüber und farbiger, später ganz dunkel und intensiv gefärbt abfloß, wieder nach und nach ganz klar und hell geworden ist. Nach dem Auslaugen wird das Holz gemeinschaftlich mit dem Wagen aus dem Auslaugekasten herausgezogen und kommt in einen Trockenraum.

Der Verfasser hat die gewöhnlich mitgetheilten Erfahrungen*), nach denen Holz, welches auf diese Weise gedämpft worden, eine um $1/_{10}$ bis $1/_4$ größere Festigkeit und größere Härte besitzen soll, als ungelaugtes Holz, nur zum Theil bestätigt gefunden. Selbst bei Anwendung von Wasserdampf von wenig mehr als einer Atmosphäre Spannung, war das gedämpfte Eichenholz fast vollständig gar gekocht und schien gewissermaßen das Bindemittel zwischen den Holzfasern verloren zu haben; es zeigte sich zu Eindrücken in höherem Maaße geneigt, so daß sich Schraubenköpfe von eisernen Bolzen ganz in das Holz hineinziehen ließen, und die Holzfaser selbst war spröde geworden.

Wenn dagegen das Auslaugen nicht bis zu dem äußersten Grade getrieben

---

*) Mech. Techn. I. S. 656.

wurde, so traten diese übeln Eigenschaften nicht auf, und es bedarf hiernach für die verschiedenen Holzarten bestimmter Versuche, wie weit man das Auslaugen fortsetzen darf.

Jedenfalls ist bei dieser Operation eine gewisse Vorsicht zu empfehlen, da man sonst die ganze Ladung des Auslaugekastens verderben kann. Besonders vortheilhaft wurde durch den Verfasser das Auslaugen von Hölzern für Tonnen und Fässer angewandt, in welchen Nahrungsmittel verpackt werden sollen und bei denen es darauf ankam, den Inhalt gegen das Anziehen des Holzgeschmackes zu schützen.

Die ausgelaugten Hölzer sind unmittelbar nach dem Verfahren sehr biegsam und in einem gewissen Grade unelastisch; sie behalten die Form, in welche man sie gebogen hat, auch nach dem Abkühlen und Austrocknen, und dies ist vorzugsweise der Grund, weshalb man für gewisse Arbeiten das Auslaugen durch Dampf noch in Anwendung bringt; als blos conservirendes Mittel ist es wahrscheinlich wegen der oben mitgetheilten Uebelstände nicht viel in Gebrauch gekommen; wenigstens ist es dem Verfasser nicht bekannt geworden, daß zur Conservirung von Eisenbahnschwellen das Auslaugen durch Dampf mit Erfolg in Anwendung gebracht sei.

Für die Conservirung des Holzes günstigere Resultate hat das Tränken des Holzes mit gewissen Auflösungen gegeben.

Die Wahl der Auflösungen, mit welchen man das Holz tränkt, ist zunächst bedingt durch die Wirkung, welche man durch diese Auflösungen auf die Saftbestandtheile des Holzes auszuüben beabsichtigt. Diese Wirkung kann sein:

1) die Zerstörung der Saftbestandtheile, indem man dieselben chemisch verändert;
2) die Austreibung derselben, indem man ihre Stelle durch andere Körper ersetzt, welche nicht der Fäulniß unterworfen sind, oder dieselbe direct verhindern, oder wenigstens aufhalten;
3) die Umschließung der Saftbestandtheile und die Verstopfung der Poren, um den Zutritt des Wassers und der Luft, welche die, Fäulniß bedingenden, Einwirkungen bilden, abzuhalten.

ad 1. (S. 43). Die Flüssigkeit, welche man anwendet, in der Absicht die der Fäulniß zugänglichen Saftbestandtheile des Holzes zu zerstören, ist vorzugsweise eine Auflösung von Quecksilber-Sublimat in Wasser. Aetzendes Quecksilber-Sublimat, auch kurzweg Sublimat genannt, ist eine Verbindung von Quecksilber und Chlor (Quecksilberchlorid, salzsaures Quecksilberoxyd); man löst es in dem 50- bis 150fachen Gewicht Wassers auf und bringt es durch hydrostatischen Druck (siehe unten) in das Holz, wobei ein Kubikfuß Holz 2¼ bis nahe 15 Pfunde der Lösung absorbirt, welches einer Quantität von ½ bis 3¼ Loth Sublimat entspricht. Dies Verfahren ist zuerst von Kyan angegeben worden, woher man es auch als „Kyanisiren des Holzes" bezeichnet. Gegenwärtig wird es aus mehrfachen Gründen fast gar nicht mehr angewandt. Zu diesen Gründen gehört die große Gefährlichkeit des Sublimats als eines der allerheftigsten Gifte, dann die Kostspieligkeit desselben, und endlich, weil

man billigere und wenigstens eben so zuverlässige Methoden zur Conservirung des Holzes gefunden hat. —

Andere Substanzen, die hieher gehören, gegenwärtig aber ebenfalls keine ausgedehnte Anwendung finden, sind Kreosot, Holzessig, Schwefelsäure u. s. w.

Die Anwendung des Kreosots zum Tränken der Eisenbahnschwellen hat unter andern auf der Köln-Mindener Eisenbahn bei einigen Strecken Anwendung gefunden. Die Flüssigkeit wurde durch hydrostatischen Druck (siehe weiter unten) von circa 140 Pfund pro Quadratzoll (9 ⅓ Atmosphären) in die möglichst luftleer gemachten Schwellen eingetrieben, 20 Kubikfuß Eichenholz consumirten einen Kubikfuß Kreosot, welcher 70 Pfund wog und circa 1 ⅓ Thaler kostete, so daß mit Einschluß des Arbeitslohnes rc. jede Schwelle von circa 4 Kubikfuß 3 ¼ Sgr. kostete.

ad 2. (S. 43). Unter den Flüssigkeiten, welche man zur Tränkung des Holzes in Anwendung gebracht hat, um die Saftbestandtheile theils auszutreiben, theils auch um die Poren des Holzes mit fäulnißwidrigen (antiseptischen) Mitteln zu füllen, gehören namentlich folgende:

Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) in Wasser gelöst.

Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) in Wasser gelöst.

Zinkchlorid (salzsaures Zinkoxyd) in Wasser gelöst.

Kochsalzauflösung (Salzsoole).

Mutterlauge des Salzes.

Welche von diesen genannten Flüssigkeiten den Vorzug verdienen, läßt sich bis jetzt nicht unbedingt feststellen; es dürfte dies von der Natur und Beschaffenheit des Holzes und von der Art der Verwendung abhängig sein.

Für die Tränkung von Eisenbahnschwellen zieht man bald Kupfervitriol-Lösung, bald Zinkchlorid-Lösung vor.

Vergleichende Versuche über den Einfluß der verschiedenen Tränkungsmittel hat man auf der Magdeburg-Wittenberger Eisenbahn angestellt, wobei man, um in kürzerer Zeit zu vergleichenden Ergebnissen zu gelangen, zwar nicht die Holzfaser präparirte, wohl aber die ihr sehr ähnliche Baumwollenfaser, indem man Stückchen Kattun mit verschiedenen Substanzen imprägnirte. — Die*) von ein und demselben Stücke entnommenen ungebleichten Kattunstücke wurden mit verschieden starken Auflösungen von Kupfervitriol, Zinkchlorid, Kreosot und Kochsalz getränkt, gezeichnet und in einem Holzkasten an einem, dem Regenwasser und der Sonne gleich zugänglichen Orte flach unter der Erde vergraben (den 21. Februar 1851). Bei einer Untersuchung nach 64 Tagen (26. April) zeigten sich die mit Kochsalz getränkten Holzstücke bereits voller Stockflecken, welche eine um so größere Ausdehnung hatten, je dünner die Auflösung gewesen, in welcher sie getränkt worden waren. Ebenso zeigte sich ein ganz ungetränktes Kattunstück ganz voller Stockflecken, wenn gleich in geringerem Maaße, als die mit schwacher Salzlösung getränkten Stücke. Bei einer 75 Tage nach dieser Zeit (am 7. Juli, also 139 Tage nach dem Vergraben) vorgenommenen Unter-

*) Zeitschrift für Bauwesen, redigirt von Erbkam. III. S. 52.

suchung fand man an den mit Kupfervitriol- und mit Zinkchlorid-Auflösung getränkten Stücken gar keine nachtheiligen Veränderungen, dagegen zeigten die mit Kreosot getränkten Stücke zwar keine Stockflecken, deren Erkennung übrigens die Farbe des Kreosots verhinderte, aber doch schon eine bemerkbare Abnahme der Festigkeit; die mit Salzlösung getränkten Stücke waren schon außerordentlich mürbe geworden, ebenso das ungetränkte Stück, welches gleichwohl noch größere Festigkeit zeigte, als die mit der schwächsten Salzauflösung bereiteten Stücke. Die dritte Untersuchung wurde im Oktober vorgenommen und zeigte kein wesentlich abweichendes Resultat, und die letzte sorgfältige Prüfung endlich fand nach 225 Tagen (3. Dezember 1851) statt und lieferte folgende Ergebnisse:

Laufende №	Tränkungsstoff.	Grade nach Beaumé*).	Bemerkungen.
1	Kupfervitriol	24—25°	geringe Spuren von verminderter Festigkeit und von Stockflecken.
2	desgl.	20°	desgl.
3	desgl.	15°	vollständig erhalten und fest.
4	desgl.	10°	desgl.
5	desgl.	8°	desgl.
6	desgl.	5°	desgl.
7	desgl.	3°	desgl.

*) Es möge hier ein für allemal die Notiz gegeben werden, daß die Aräometergrade von Beaumé das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bestimmen, und daß für Flüssigkeiten, die schwerer sind als Wasser, folgende Vergleichungen gelten:

0 Gr. B	= 1,000	spez.	Gewicht.	21 Gr. B	= 1,166	spez.	Gewicht.
1 —	= 1,007	"	"	22 —	= 1,176	"	"
2 —	= 1,014	"	"	23 —	= 1,185	"	"
3 —	= 1,020	"	"	24 —	= 1,195	"	"
4 —	= 1,028	"	"	25 —	= 1,205	"	"
5 —	= 1,034	"	"	26 —	= 1,215	"	"
6 —	= 1,041	"	"	27 —	= 1,225	"	"
7 —	= 1,049	"	"	28 —	= 1,235	"	"
8 —	= 1,057	"	"	29 —	= 1,245	"	"
9 —	= 1,064	"	"	30 —	= 1,256	"	"
10 —	= 1,072	"	"	31 —	= 1,267	"	"
11 —	= 1,080	"	"	32 —	= 1,278	"	"
12 —	= 1,088	"	"	33 —	= 1,289	"	"
13 —	= 1,096	"	"	34 —	= 1,300	"	"
14 —	= 1,104	"	"	35 —	= 1,312	"	"
15 —	= 1,113	"	"	36 —	= 1,324	"	"
16 —	= 1,121	"	"	37 —	= 1,337	"	"
17 —	= 1,130	"	"	38 —	= 1,349	"	"
18 —	= 1,138	"	"	39 —	= 1,362	"	"
19 —	= 1,147	"	"	40 —	= 1,375	"	"
20 —	= 1,157	"	"	50 —	= 1,515	"	"

Laufende №	Tränkungsstoff.	Grade nach Beaumé.	Bemerkungen.
8	Zinkchlorid	52°	Spuren von verminderter Festigkeit und Stockflecken.
9	desgl.	40°	desgl. etwas besser erhalten.
10	desgl.	30°	wie Nr. 9.
11	desgl.	25°	deutlich sichtbare Stockflecken, aber noch durchgängig fest.
12	desgl.	20°	Stockflecken, verminderte Festigkeit.
13	desgl.	15°	desgl.
14	desgl.	10°	Stockflecken, aber besser erhalten und fester als Nr. 12 und 13.
15	desgl.	8°	deutlich sichtbare Stockflecken und in denselben sehr verminderte Festigkeit.
16	desgl.	5°	Spuren von Stockflecken, aber sehr fest.
17	desgl.	3°	vollständig erhalten.
18	Kochsalz	24°	sehr verstockt und mürbe.
19	desgl.	20°	wie Nr. 18.
20	desgl.	15°	in höherm Grade verstockt und mürbe wie Nr. 18.
21	desgl.	10°	durchweg verstockt, aber fester als die vorigen.
22	desgl.	8°	wie Nr. 21.
23	desgl.	5°	} vollständig verfault.
24	desgl.	3°	
25	Kreosot	—	sehr mürbe, aber Stockflecken lassen sich wegen der Farbe des Kreosot nicht erkennen.
26	Ungetränkt	—	vollständig mürbe, aber besser wie Nr. 23 und 24.

Aus dieser Tabelle ergiebt sich:

1) daß die stärkern Kupfervitriol- und Zinkchlorid-Auflösungen wenig erfolgreicher sich gezeigt haben, als die minder starken;

2) daß das Kupfervitriol günstigere Resultate geliefert hat, als alle übrigen Substanzen;

3) daß concentrirte Auflösungen von Kochsalz weniger vortheilhaft, schwache Kochsalzauflösungen sogar schädlich zu sein scheinen*);

*) Es scheint hier folgende Notiz am Orte zu sein: Auf der Thüringer Bahn liegen in der Nähe von Eisenach circa 12000 Schwellen von meistens jungen, splintreichen und wenig festem Tannenholz, welche aus den Verbandstücken eines Gradirwerkes bei Salzungen geschnitten, nachdem sie etwa 50 Jahre den Einwirkungen der Salzsoole ausgesetzt gewesen waren. Nach sechsjähriger Benutzung waren diese Schwellen noch sehr wohl erhalten, und selbst in den Trockenrissen und Spaltungsflächen, ja sogar in alten mit der Oeffnung nach oben gerichteten Zapfenlöchern und Einschnitten, zeigte sich keine Spur von Zersetzung. Danach zu urtheilen, scheint die Salzsoole ein energisches Schutzmittel für Holzwerk gegen Fäulniß. Zu bemerken ist, daß der Fuß der Schienen an den Flächen, mit welchen sie auf die Schwellen aufliegen, sich mit einer starken Rostschicht überzieht, auch die Hakennägel fest einrosten, und sich aus dem lockern Tannenholz nur mit derselben Schwierigkeit ausziehen lassen, als aus dem festesten Eichenholz. (Zeitschrift für Bauwesen III. S. 50).

4) daß Kreosot sich den concentrirtesten Kochsalzauflösungen ziemlich gleich stelle.

Nachdem man die mit Kupfervitriol und die mit Zinkchlorid getränkten Kattunstücke, welche noch keine Spur von Verwesung zeigten, von Neuem vergraben hatte, wurden dieselben noch etwa ein Jahr lang beobachtet. Das Resultat war kein anderes, die Ueberlegenheit des Kupfervitriols über das Zinkchlorid stellte sich entschieden heraus, es blieben auch jetzt noch die mit schwächeren Kupfervitriol-Auflösungen getränkten Lappen ziemlich unverändert.

Auch die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf Kattunstücke, die mit verschiedenen Lösungen getränkt worden waren, wurde beobachtet. Man hing auf einem Drahte verschiedene Kattunstücke, nachdem man sie mit Lösungen von Kupfervitriol, Zinkchlorid, Kochsalz, Kreosot, Theer, Brennöl und Leinöl präparirt hatte, der Luft, dem Regen und der Sonne zugänglich, auf. Nach 6 Monaten (14. Juli 1851 bis Januar 1852) hatte sich bei den präparirten Zeugen nur eine geringe Veränderung gezeigt; ganz allein die mit Leinöl und die mit Brennöl waren mürbe geworden.

Bei der Magdeburg-Wittenberger Bahn hat man sich schließlich für die Anwendung des Zinkchlorides entschieden, welches in einer Auflösung von 8 Grad Beaumé zum Tränken der 50 Fuß langen Balken für die Elbbrücke verwandt wurde. Man erwärmte Anfangs die Lösung bis auf 35 bis 37 Grad C., doch zeigte sich, daß bei dieser Temperatur die messingenen Röhren und Hahnstücke durch das Zinkchlorid sehr heftig angegriffen wurden, so daß sie häufig erneuert werden mußten, weshalb man von der Erwärmung der Lauge wieder Abstand nahm.

Die Anwendung des Zinkchlorides zum Tränken des Holzes soll vor allen andern Metall-Salzen die Vorzüge haben, daß es sehr billig ist, die Farbe des Kienen-Holzes gar nicht verändert, einen Oelanstrich auf dem Holze haften läßt, auch das Leimen des Holzes nicht erschwert.

Kupfervitriol-Lösungen sollen das präparirte Holz ungeeignet machen, einen Anstrich zu vertragen, indem derselbe leicht abblättert.

Die Bereitung des Zinkchlorides geschieht in folgender Weise:

Man zerschlägt die im Handel vorkommenden rohen Zinkplatten in kleine Stücke, thut sie in steinerne Töpfe und gießt Salzsäure von 21 bis 22 Grad Beaumé darauf, es bildet sich unter Wärmeentwickelung salzsaures Zinkoxyd (Zinkchlorid). Man läßt die Auflösung mehrere Tage, wenigstens über 48 Stunden stehen, um möglichst wenig überschüssige Säure darin zu behalten; nach dieser Zeit hat die Auflösung, wenn sie bei trocknem und warmem Wetter hergestellt worden war, 56 bis 58 Grad Beaumé, bei feuchtem und kaltem Wetter aber nicht über 52 Grad; durch Erwärmen in einem Sandbade kann man diese schwächere Auflösung auf den größern Gehalt concentriren. Drei Gewichtstheile Salzsäure lösen etwa einen Gewichtstheil Zink auf; es ist aber zweckmäßig, daß bei der Bereitung Zink im Ueberschusse vorhanden sei, damit man vor überschießender Salzsäure gesichert sei.

Die Kupfervitriol-Auflösungen werden in einer Stärke von 2½ bis 4 Grad Beaumé verwandt. 1 Pfund Kupfervitriol auf 25 Pfund Wasser

giebt eine Auflösung von $2\frac{1}{2}$ Grad Beaumé, Eisenvitriol-Lösungen wendet man von circa 6 Grad Beaumé (1 Pfd. Eisenvitriol auf 18 Pfund Wasser) an.

ad 3. (S. 43). Um die Poren des Holzes zu verstopfen, den Zutritt des Wassers und der Luft in dieselben zu verhindern und dadurch die Bedingungen der Fäulniß abzuschneiden, muß man das Innere der Hölzer mit solchen Substanzen anfüllen, welche im Wasser unlöslich sind, und daher durch die wiederholten oder dauernden Einwirkungen desselben nicht aufgelöst und ausgewaschen werden können.

Diesen Voraussetzungen entsprechen die vorhin behandelten Metallsalz-Auflösungen nicht. Nun ist aber zu bemerken, daß alle in das Innere des Holzes zu schaffenden Stoffe, welche sich in den Poren desselben gehörig fest ablagern sollen, kaum anders hineinzubringen sind, als mit Hülfe von Auflösungsmitteln, und daß wenn dieselben in Form von Auflösungen hineingebracht worden sind, sie auch in derselben Form, d. h. indem man sie wieder auflöst, herausgeschafft werden können, es sei denn daß sie im Innern des Holzes eine solche chemische Veränderung erfahren hätten, daß sie in unauflösliche Verbindungen übergegangen sind. Diese letzte Bedingung wird also zu erfüllen sein, wenn man die Poren des Holzes mit Substanzen, die im Wasser unauflöslich sind, verstopfen will. Das hierbei beobachtete Verfahren besteht darin, daß man das Holz nach einander mit zwei verschiedenen Substanzen tränkt, von denen jede einzeln im Wasser löslich ist, die aber, nachdem sie in das Holz eingedrungen sind, in demselben chemisch auf einander wirken, einen Niederschlag bilden, der unauflöslich ist, und so durch die Einwirkung der Näsße sich nicht auswaschen läßt. Diese Methode ist von Payne angegeben worden, und wird auch wohl das Paynisiren des Holzes genannt. Payne wandte Anfangs als erste Auflösung Eisenvitriol in Wasser und als zweite Auflösung Chlorkalcium-Auflösung an; es bildet sich im Innern des Holzes schwefelsaurer Kalk (Gips) und Eisenchlorid. Später gab Payne an, zur ersten Tränkung eine Auflösung von Schwefelkalcium oder von Schwefelbaryum zu verwenden, und diese durch nachfolgende Behandlung mit Eisenvitriol in schwefelsauren Kalk (Gips) beziehlich in schwefelsauren Baryt und in Schwefeleisen zu verwandeln, welche beiden Salze in Wasser nicht löslich sind. Die für diesen Zweck zu verwendende Eisenvitriol-Lösung enthält auf 1 Pfd. Eisenvitriol 10 bis 20 Pfd. Wasser, die Lösung von Schwefelkalcium oder Schwefelbaryum enthält auf 1 Pfd. dieser Substanzen 12 Pfd. Wasser.

Das oben (S. 43) unter Nr. 3 angeführte Prinzip wird auch durch Anwendung des Wasserglases (siehe S. 41) zur Geltung gebracht. Da das Wasserglas in kaltem Wasser gar nicht, oder nur sehr schwer löslich ist, so wird nothwendig eine Imprägnirung des Holzes mit dieser Substanz, nachdem das Auflösungsmittel ausgetrocknet ist, der Einwirkung der atmosphärischen oder der Erdfeuchtigkeit vollkommen Widerstand leisten.

Die Ablagerung der unlöslichen Substanzen findet meist nur bis auf eine geringe Tiefe von der Oberfläche aus gerechnet statt, während bei dem Impräg-

niren, nach den unter Nr. 2 (S. 43) genannten Prinzipien, eine fast vollständige Durchdringung des zu tränkenden Holzes ausführbar ist.

Die Methode von Payne sowohl, als die Anwendung des Wasserglases erschweren außerdem die Bearbeitung des präparirten Holzes; beide sind umständlich und kostspielig, und aus diesen Gründen wenig im Gebrauch. —

Verfahrungsarten die zum Tränken der Hölzer bestimmten Flüssigkeiten in die Poren derselben einzuführen.

Die Methode, welche man in Anwendung bringt, um die Flüssigkeiten, mit denen man das Holz tränken will, in die Poren desselben einzuführen, lassen sich auf folgende zurückführen:

1) Einmaliges oder wiederholtes Anstreichen von außen.
2) Aufsaugen der Tränkungslauge durch die Kapillarität während des organischen Lebens des Stammes.
3) Durchsickern der Flüssigkeit vermöge ihres Gewichtes oder durch hydrostatischen Druck (Methode von Boucherie).
4) Auslaugen der Hölzer durch die Flüssigkeit, indem man die zu präparirenden Hölzer einfach eine gewisse Zeit in dem Tränkungsmittel ohne Erhöhung der Temperatur liegen läßt.
5) Einsaugen der Flüssigkeit, nachdem man die Luft aus den Poren des Holzes mittelst einer Luftpumpe herausgezogen hat. Diese Methode wird häufig mit der Anwendung des hydrostatischen Druckes oder der Druckpumpe in Verbindung gebracht.
6) Austreiben der in den Poren befindlichen Luft durch Erwärmung, sei es indem man das Holz trocken erwärmt, oder indem man das Holz in der Tränkungslauge kocht. Hierauf Einbringung der Flüssigkeit entweder durch den Druck der Atmosphäre allein oder mit Hülfe einer hydrostatischen Drucksäule, oder mittelst einer Druckpumpe.

ad 1. (S. 49). Das Anstreichen des Holzes mit den zur Conservirung desselben dienenden Flüssigkeiten, gewährt natürlich nur der Oberfläche einen Schutz, da die Flüssigkeiten durch diese Methode nicht sehr tief in das Holz eindringen können. Man wendet daher das Anstreichen der Hölzer meistens nur da an, wo nur mäßige Einwirkungen der Feuchtigkeit zu befürchten sind.

Das Anstreichen mit Wasserglas, welches das Holz bis zu einem gewissen Grade feuersicher macht (siehe S. 41), muß oft wiederholt werden, wenn es von einiger Wirkung sein soll, man nimmt zum ersten Anstrich eine ziemlich schwache Auflösung, und sucht dieselbe durch scharfes Reiben mit dem Pinsel in die Poren des Holzes möglichst hineinzubringen; nachdem dieser Anstrich getrocknet ist, muß man das Verfahren, indem man nach und nach etwas stärkere Auflösungen anwendet, noch fünf- bis sechsmal wiederholen.

Das Anstreichen der Eisenbahnschwellen mit Metallsalz-Auflösungen, äußert freilich eine viel weniger schützende Wirkung, als das vollständige Tränken derselben, indessen zeigten sich Schwellen, welche mittelst dreimaligen Anstreichens mit einer 10 Grad Beaumé starken Auflösung von Kupfervitriol präparirt waren, viel besser

erhalten, als unpräparirte Schwellen. Nach vierjähriger Dauer waren letztere, welche zum Vergleich mit den angestrichenen Schwellen gleichzeitig in demselben Terrain verlegt worden waren, vollständig verfault, während die bestrichenen sich äußerlich ganz wohl erhalten zeigten. Bei näherer Untersuchung fand man, daß an den Stellen, wo durch einen Axthieb, oder durch die eingeschlagenen Nägel die mit Kupfervitriol durchdrungene Oberfläche durchbrochen war, im Innern der Schwellen die Fäulniß mehr oder weniger um sich gegriffen hatte.

Außer den oben besprochenen Anstrichen können alle die oben aufgeführten Flüssigkeiten und Auflösungen als conservirende Anstriche verwandt werden.

ad 2. (S. 49). Das Aufsaugen der Tränkungslauge durch die Kapillarität des Holzes, während der Stamm noch in der Vegetation begriffen ist, kann nur in seltenen Fällen zur Anwendung gebracht werden, ist aber dann eine sehr wirksame Methode, die conservirende Flüssigkeit in das Innere desselben einzuführen. Man bohrt den Stamm, bevor er gefällt ist, unten, etwas über der Wurzel, in verschiedenen Punkten durch runde Bohrlöcher an, setzt in diese Bohrlöcher kurze Rohrstücke, welche entweder mit weitern Leitungsröhren oder mit Schläuchen in Verbindung stehen, und führt durch diese aus einem neben dem Baume placirten Behälter die Tränkungsflüssigkeit zu, welche dann durch die Thätigkeit der Saftgefäße des Baumes allmählig bis in die Spitzen der Zweige aufgesogen wird.

ad 3. (S. 49). Die von Dr. Boucherie angegebene und vielfach ausgeführte Methode, das Holz mit conservirenden, färbenden, ja sogar mit wohlriechenden Flüssigkeiten zu tränken, besteht im Wesentlichen darin, daß man eine ähnliche Operation, wie die unter Nr. 2 beschriebene, aber mit gefällten Stämmen vornimmt. Die Stämme werden entweder horizontal gelegt, angebohrt, und die Flüssigkeit wird dem Bohrloch durch Röhren zugeführt, oder man stellt die Stämme aufrecht, kittet auf das Hirnende Behältnisse auf, die mit Flüssigkeit gefüllt sind, und welche diese Flüssigkeit vom Hirnende vertikal abwärts in das Holz eindringen und durchsickern lassen. Bei frischgefällten Stämmen soll die Flüssigkeit im erstern Falle lediglich durch die Kapillarität der Saftgefäße angezogen werden, so daß man das Tränkungsmittel in offenen Rinnen zuführen kann; sind die Stämme schon theilweise getrocknet, so führt man die Flüssigkeit durch Röhren zu und zwar aus einem höher gelegenen Gefäße, wodurch der hydrostatische Druck der Flüssigkeit zur Geltung kommt. Diese von Boucherie herrührenden Verfahrungsweisen haben noch viel Unvollkommenes; die Durchdringung des Holzes findet nicht gleichmäßig statt, insofern der weniger dichte Splint die Flüssigkeit stärker aufnimmt, als der Kern; ferner sind manche Holzarten für die Anwendung dieser Methode ganz ungeeignet, auch gestattet die Zuführung der Flüssigkeit durch ein Bohrloch nicht die Anwendung größerer hydrostatischer Drucke, und schließlich bietet die in dem Holze enthaltene Luft dem Eindringen der Flüssigkeit nicht unerheblichen Widerstand dar*).

*) Eine Beschreibung der von Boucherie angewandten Methode findet man in den Annales des ponts et Chaussées 1850, März- und Aprilheft, und dann noch in Becker's Baukunde des Ingenieurs S. 62.

ad 4. (S. 49). Das unter Nr. 4 (S. 49) angegebene Verfahren ist sehr einfach. Man hat es auch unter andern auf der Berlin-Anhalt'schen Eisenbahn zum Imprägniren der Schwellen angewandt, indem man letztere in hölzerne, wasserdicht kalfaterte Cysternen nebeneinander packte, ohne Anwendung von Zwischenlagen und ohne besondere Zwischenräume zwischen den einzelnen Schwellen zu lassen; dann die Hölzer angemessen belastete, so daß sie nicht schwimmen konnten, und sie 8 bis 10 Tage in einer Auflösung von 5 Pfund Eisenvitriol und 1 Pfund Kupfervitriol in 80 Quart (195½ Pfund) Wasser liegen ließ.

ad 5. (S. 49). Eine bei Weitem vollkommenere Durchdringung des Holzes seitens der Flüssigkeit gestattet die unter Nr. 5 (S. 49) angedeutete Methode. Die Hölzer werden in Behälter, welche sich luftdicht verschließen lassen, eingesetzt; nach Verschluß dieser Behälter wird die Luft mittelst einer durch Dampfkraft betriebenen Luftpumpe aus den Behältern und folglich auch aus den Hölzern ausgesogen, bis das Vakuum etwa einer Quecksilbersäule von 4½ Zoll entspricht, und nun läßt man die Tränkungsflüssigkeit in die Behälter einströmen. Die Hölzer saugen dieselbe begierig auf und durch Anwendung des hydrostatischen Druckes durch ein höher gelegenes Reservoir, oder mittelst einer Druckpumpe kann man das Eindringen des Tränkungsmittels wesentlich befördern.

Dies Verfahren ist z. B. auf der Berlin-Hamburger Bahn*) zur Anwendung gebracht worden. Taf. I. Fig. 2 zeigt die dort bestehende Einrichtung. Das Tränkungsmittel ist Kupfervitriol-Auflösung.

Der Apparat zur Tränkung enthält im Wesentlichen folgende Theile:

1) eine Hochdruck-Dampfmaschine von vier Pferdekraft (a in der Figur);
2) zwei kupferne Cylinder von 8 Fuß Durchmesser (b in der Figur), der eine ist 16 Fuß lang, der andere 18 Fuß;
3) sechs Bottiche, von denen der eine c zur Auflösung des Kupfervitriols und die fünf andern zur Aufnahme der Mischung dienen d.

Einer dieser fünf letztgenannten Bottiche, welcher in der Zeichnung nicht sichtbar ist, steht auf einem Gerüst von 40 Fuß Höhe; er hat 72 Kubikfuß Inhalt und dient zur Erzeugung des hydrostatischen Druckes; die vier übrigen Bottiche sind in der Zeichnung dargestellt, sie haben jeder 230 Kubikfuß Inhalt.

Es werden für jede Operation 330 bis 340 Stück Schwellen von $3\frac{11}{48}$ bis $4\frac{7}{8}$ Kubikfuß Inhalt in die Cylinder eingebracht, sodann die Deckel der Cylinder mit Hülfe von Mennigekitt luftdicht verschlossen und die Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt. Nach etwa 2½ Stunden ist die angemessene Luftleere erreicht, gegen das Ende dieser Arbeit stellt man die Communikation der Cylinder mit den unten liegenden Bottichen her, die Auflösung wird durch das Vakuum und durch die Pumpen in die Cylinder aufgesogen. Nach Anfüllung der Cylinder wird die Luftpumpe abgestellt, die Saugeröhren werden verschlossen, der fünfte auf dem Gerüste stehende Bottich wird mit den Cylindern in Verbindung gesetzt und nun läßt man 4 bis 6 Stunden lang den hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule einwirken. Nach dieser Zeit wird das Communikationsrohr mit dem obern Bottich

*) Zeitschrift für Bauwesen III. S. 47.

wieder geschlossen, die Flüssigkeit aus dem Cylinder in die tiefer stehenden Bottiche abgelassen, demnächst werden die Deckel der Cylinder geöffnet und die Schwellen herausgenommen. —

Zum Eintragen und Austragen der Schwellen sind 16 Mann während 3 Stunden erforderlich, so daß während 24 Stunden zwei Operationen vorgenommen werden können. Das Anlagekapital für den ganzen Apparat mit Einschluß des Gebäudes beträgt 16,865 Thaler.

Bei dem eben beschriebenen Verfahren zeigte sich die Absorbtionsfähigkeit des Holzes nach dem Grade der Trockenheit selbst bei derselben Holzart verschieden.

Durchschnittlich nahm 1 Kubikfuß Eichenholz 0,195 Pfund
1 „ Kiefernholz 0,375 „ Kupfervitriol auf.

Ein ganz ähnliches Verfahren fand auf der Köln-Mindener Eisenbahn statt, um die Schwellen nach den auf S. 43 unter Nr. 3 angedeuteten und auf S. 48 näher entwickelten Prinzipien mit Schwefelbaryum und Eisenvitriol zu tränken. In einen eisernen Cylinder von 28 Fuß Länge und 4 Fuß Durchmesser werden auf drei niedrigen Blockwagen jedesmal 42 bis 45 Stück 8 Fuß lange Bahnschwellen eingefahren, demnächst der Cylinder geschlossen, mittelst der Luftpumpe bis auf 4 1/2 Zoll Quecksilbersäule evakuirt, was etwa in 10 Minuten geschehen ist, dann wird eine Auflösung von Schwefelbaryum von etwa 1,04 spezifischem Gewicht eingelassen und die Luft nochmals herausgezogen. Zu diesen beiden Operationen sind zusammen 10 Minuten erforderlich. Hierauf setzt man die Flüssigkeit in dem Cylinder mit Hülfe einer Druckpumpe einem Ueberdruck von 8 Atmosphären (über den äußern Luftdruck) während 50 Minuten aus, und läßt dann die nicht in die Hölzer eingedrungene Flüssigkeit aus dem Cylinder ab. Nun setzt man die Luftpumpe wieder in Thätigkeit, läßt die Eisenvitriol-Auflösung (von 1,05 spezifischem Gewichte) einströmen, evakuirt von Neuem und treibt die Flüssigkeit mit demselben Druck, wie die Schwefelbaryum-Lösung, in die Hölzer ein.

Die ganze Operation erfordert, das Einschieben und Auspacken der Hölzer mit einbegriffen, etwa 3 Stunden. Zu 210 Schwellen wurden 3 Cntr. Schwefelbaryum und die entsprechende Quantität Eisenvitriol verbraucht.

Ein sehr ähnliches Verfahren fand auf der Aachen-Düsseldorfer Bahn Anwendung. Zu bemerken ist noch, daß die Schwefelbaryum-Auflösung sowohl als die Eisenvitriol-Lösung bei 19 Grad C. verwandt wurden und daß man die erstgenannte Lösung vor dem Gebrauche vor dem Zutritt der Luft geschützt aufbewahren muß, damit nicht durch Aufnahme von Sauerstoff aus letzterer sich schon aus der Lösung schwefelsaurer Baryt ausscheide.

Das Imprägniren der Hölzer mit Sublimat erfolgt nach dieser Methode am sichersten und vollständigsten.

ad 6. (S. 49). Die unter Nro. 6, S. 49 erwähnte Methode die Hölzer zu tränken, indem man die Luft durch Erwärmung aus denselben entfernt und dann die Flüssigkeit in die Poren einsaugen läßt, ist in zweierlei Weise zur Ausführung gebracht worden. a) Für die westfälische Staatsbahn*) wurden die

*) Nähere Beschreibung dieses Verfahrens und Zeichnungen des Ofens und der Bottiche befinden sich in der „Zeitschrift für Bauwesen" III. S. 55.

Schwellen dadurch getränkt, daß man in einem besonders gemauerten Ofen, dessen innerer überwölbter Raum 26 Fuß Länge, 9 Fuß Breite und 9 Fuß Höhe hatte, die Hölzer trocknete und erwärmte. Die Feuerungen lagen außerhalb des Ofens und standen durch Kanäle mit Zwischenräumen in Verbindung, welche man an der Decke und den Wänden durch einen zweiten, den eigentlichen Ofenraum umhüllenden Mantel gebildet hatte. Auf diese Weise konnte die heiße Luft den Trockenraum umspielen und gelangte von da nach dem Schornstein. Die Hölzer wurden auf einem niedrigen Schienenwagen von 18 Fuß Länge in Ladungen von 80 Stück von den Lagerplätzen in den Ofen geschafft, die eisernen Eingangsthüren verschlossen und nun durch die Feuerungen auf 75 bis 100 Grad C. erwärmt. Nach 6 bis 24 Stunden nahm man die Hölzer heraus und brachte sie in ein Bassin von Eichenholz, welches mit der Tränkungsflüssigkeit (1 Pfund Kupfervitriol in 20 bis 25 Pfund Wasser) gefüllt war, und in welchem sie 12 bis 24 Stunden verblieben. Die Durchdringung mit der Flüssigkeit zeigte sich am vollständigsten bei den Schwellen, welche bis auf 100 Grad C. erwärmt worden, dabei 24 Stunden im Ofen und ebenso lange in der Flüssigkeit sich befunden hatten. Bei Anwendung einer Lösung von 1 Pfund Kupfervitriol in 20 Pfund Wasser wurde von einer Eichenholzschwelle von 6 Zoll Stärke, 10 Zoll Breite und 8 Fuß Länge, also von $3\frac{1}{2}$ Kubikfuß Inhalt 0,81 Pfd. Kupfervitriol aufgenommen, da im Ganzen 17 Pfund der Lösung absorbirt wurden; dagegen zeigte bei Anwendung einer Lauge von 1 Pfund Kupfervitriol auf 25 Pfund Wasser eine ebenso große Schwelle nur eine Gewichtszunahme von 13 Pfund, also eine Kupfervitriol-Absorbtion von $^{13}/_{26}$ oder 0,5 Pfund, wobei zu bemerken, daß diese Schwelle nur bis zu 75 Grad C. erwärmt worden war; nur 6 Stunden im Ofen und nur 12 Stunden in der Lauge sich befunden hatte.

b) Das andere Verfahren, die Schwellen zu tränken, welches in diese Abtheilung gehört, unterscheidet sich dadurch von dem eben beschriebenen, daß man die Hölzer nicht außerhalb der Lauge erwärmt und dann in dieselbe hineintaucht, sondern daß man die Schwellen in der Auflösung von Kupfervitriol erhitzt und dann von der Lauge bedeckt bis auf einen gewissen Grad abkühlt. Durch die Erwärmung wird die Luft in den Poren des Holzes ausgedehnt und zum Theil ausgetrieben, so daß die leeren Räume beim Erkalten das Eindringen der Lauge gestatten.

Dieses Verfahren ist in großem Maaßstabe bei der Königlich preußischen Ostbahn in Anwendung gebracht worden *). Es besteht in Folgendem:

Die Schwellen werden in hölzerne Behälter gepackt, in welchen man sie mit einem gegen das Schwimmen befestigten Deckel verschließt und dann die Lauge zuleitet. Die Erwärmung erfolgt durch einströmende Dämpfe, welche in einem transportabeln Dampfkessel erzeugt werden, der zugleich eine kleine Dampfmaschine speist, durch welche die Pumpen zum Füllen und Leeren der Behälter

*) Die nachfolgende Beschreibung dieses Verfahrens, sowie die Zeichnungen der dabei gebrauchten Apparate, sind den Mittheilungen nach amtlichen Quellen entnommen, welche in der Zeitschrift für Bauwesen Jahrg. III. S. 57 veröffentlicht sind.

bewegt werden. Der ganze Apparat ist so eingerichtet, daß er leicht transportirt und in Entfernungen von zwei bis drei Meilen auf den einzelnen Ablieferungsorten der Schwellen nach einander aufgestellt werden kann. Kessel und Maschine liegen deshalb auf hölzernen Unterlagen, damit sie, ebenso wie die Behälter, keine besondere Fundamentirung erfordern. Das Ganze ist mit leicht construirten Schuppen überdeckt.

Aus den Zeichnungen Taf. I. Fig. 3 ist die allgemeine Anordnung ersichtlich.

Der größere Schuppen enthält in seinem mittlern, vollständig geschlossenen und überdeckten Raume den Dampfkessel b und die Dampfmaschine c, ferner den Behälter d für das Speisewasser und den Bottich e für das Auflösen des Vitriols. Die an den Giebeln offenen Enden des Schuppens enthalten zwei der Schwellenbehälter a, der dritte Behälter ist, um ihn der Dampfmaschine nahe zu bringen, in einem besondern Schuppen aufgestellt, welcher an dem einen Giebel ebenfalls offen ist.

Die Anwendung von drei Behältern gründet sich darauf, daß zur Präparirung eines Behälters voll Schwellen sechs Stunden Zeit erforderlich sind. Zwei Stunden erfordert das Einpacken und Auspacken der Schwellen und das Auspumpen und Einpumpen der Lauge; 1 bis 1½ Stunde lang wird der Dampf zugeleitet und gekocht, die übrige Zeit, also 2 bis 2½ Stunden, kühlen die Schwellen in der Lauge ab. Im Sommer ist etwa nur eine Stunde Zeit erforderlich, um die Schwellen in der Lauge zum Kochen zu bringen. Wenigstens ¼ Stunde lang wird die Lauge im Kochen erhalten.

Beim Gebrauch dieser drei Behälter sind die Arbeiter stets vollständig beschäftigt und können bei 12stündiger Ablösung in 24 Stunden jeden Behälter viermal füllen und leeren, so sind also in 24 Stunden zwölf Behälter voll Schwellen präparirt worden.

Die Behälter sind von Kiefernholz und mit hölzernen Deckeln versehen, die in denselben verwendeten Nägel sind entweder aus Holz oder aus Kupfer, weil durch das Eisen das Kupfervitriol zersetzt wird.

Die Größe der Behälter ist durch Rücksichten auf den bequemen Transport bemessen; die speziellen Dimensionen sind von den Dimensionen der Schwellen abhängig gemacht. Die Stoßschwellen der Ostbahn sind 9 Fuß lang, 14 Zoll breit und 6 Zoll stark, die Mittelschwellen sind 8 Fuß lang, 12 Zoll breit und 6 Zoll stark. Die Anzahl der Stoßschwellen beträgt ⅙ der Gesammtzahl der Schwellen. Es faßt hiernach jeder der Behälter, welche im Lichten gemessen 16½ Fuß lang, 9½ Fuß breit und 3 Fuß 4 Zoll hoch sind, 85 Mittelschwellen oder 64 Stoßschwellen, wenn man von den erstern in der Länge des Behälters je zwei ihrer Länge nach packt, die letztern aber mit ihrer Länge nach der Breiten-Dimension des Behälters legt.

Die tägliche Durchschnittsleistung beträgt im günstigsten Falle 900 Schwellen.

Der Dampfkessel ist nach Art der Locomotivkessel mit 84 Feuerröhren construirt; derselbe hat 230 Quadratfuß Heizfläche und verdampft in der Stunde (bei 3 Atmosphären Ueberdruck) 23 Kubikfuß Wasser. Hiervon werden

verbraucht: zum Kochen der Lauge und zur Erhitzung der Schwellen 20 Kubikfuß
für die Dampfmaschine . . . . 3 „
Summa 23 Kubikfuß.

Der Rost des Kessels ist für Holzfeuerung eingerichtet.

Aus dem Kessel führt nach jedem Schwellenbehälter ein besonderes kupfernes Dampfrohr, welches durch einen Hahn verschlossen werden kann. Jeder dieser drei Hähne ist mittelst einer zweiten Durchbohrung so eingerichtet, daß für diejenige Stellung, in welcher der Hahn die Communikation des Kessels mit dem Schwellenbehälter abschließt, eine Verbindung desjenigen Rohrstückes, welches zwischen dem Hahn und dem Schwellenbehälter liegt, mit der atmosphärischen Luft hergestellt wird.

Hierdurch verhindert man, daß bei etwaiger Condensation der Dämpfe in dem eben bezeichneten Rohrstücke vermöge des entstehenden Vakuums die Lauge aus dem Schwellenbehälter in das Rohrstück aufsteige.

Das Communikationsrohr zwischen dem Dampfkessel und dem Schwellenbehälter tritt in diesen dicht am Boden desselben ein und reicht quer über die ganze Breite des Bodens; es ist gegen Beschädigung durch Anstoßen der Schwellen durch zwei starke Leisten geschützt und hat an der untern Seite zwei Reihen feiner Oeffnungen, um den Dampf ausströmen zu lassen.

Die Lauge kocht bei 102½ Grad C. Die Abkühlung erfolgt im Winter bis auf + 50 Grad C., im Sommer bei großer Hitze bis auf + 75 Grad C.

Der Dampf, welcher zum Kochen der Lauge dient, wird durch das Einströmen in die kältere Flüssigkeit condensirt und würde das Volum derselben vermehren. Da aber die Absorbtion der Lauge durch die Hölzer etwa ebensoviel beträgt, als die Menge dieses aus der Condensation des Dampfes hervorgegangenen Wassers, so wird zwar durchschnittlich das Volum der Flüssigkeit nicht geändert, wohl aber wird durch das Hinzutreten dieses Condensationswassers die Auflösung verdünnt. Man muß daher die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit durch Zusatz von Kupfervitriol wieder verstärken, ohne daß man nöthig hat Wasser hinzuzufügen. Nur bei sehr warmem Wetter muß man auch Wasser zusetzen, und zwar für einen Behälter etwa den Inhalt des kleinen Bottichs e. Bei kalter Witterung wird durch die zum Kochen erforderliche größere Dampfmenge auch mehr Wasser niedergeschlagen, als der Betrag der Aufsaugung durch die Hölzer ausmacht, so daß man bisweilen genöthigt ist einen Theil der Lauge, etwa drei bis vier Kubikfuß abzulassen.

Mit dem Dampfkessel ist eine kleine Dampfmaschine zum Betriebe der Pumpen verbunden, durch welche die Lauge aus einem Schwellenbehälter in den andern gepumpt werden kann. Bei minder umfangreichem Betriebe könnte diese Operation auch durch Handpumpen von Arbeitern bewirkt werden.

Die Dampfmaschine arbeitet mit 3 Atmosphären Ueberdruck ohne Condensation, hat einen horizontal liegenden Cylinder von 8½ Zoll Durchmesser und 16 Zoll Hub; sie macht 25 Doppelhübe in der Minute. Die Dampfmaschine treibt vier Pumpen:

1) eine Kaltwasserpumpe, welche das Wasser in die communicirenden Gefäße dd pumpt;
2) eine Kesselspeisepumpe, welche das Wasser aus den Reservoirs dd, in welchen es durch ein besonderes Dampfrohr vorgewärmt wird, entnimmt, und in den Kessel schafft;
3) und 4) zwei Saug- und Druckpumpen zum Hinüberschaffen der Lauge aus einem Schwellenbehälter in den andern.

Die beiden erstgenannten Pumpen haben 3½ Zoll Durchmesser und nur 12 Zoll Hub, sie werden unmittelbar von der Schwungrad-Welle durch Excentriks getrieben und lassen sich leicht durch Auslösung der Pleyelstangen einzeln außer Betrieb setzen. Die beiden Pumpen 3 und 4 sind am obern Kreuzkopf der Dampfkolbenstange befestigt, machen also mit dem Kolben einen gleichen Hub und lassen sich nicht einzeln auslösen, sie haben gemeinschaftliche Saug- und Druck-Ventile, und können gemeinschaftlich durch Luftröhren außer Wirksamkeit gesetzt werden.

Früher wurde die Lauge in dem Bottich e 20 bis 30 Grad B. stark besonders vorbereitet und durch die Pumpen 3 und 4 dem Schwellenbehälter zugeführt. Bei dem Betriebe der Anstalt hat sich jedoch herausgestellt, daß die starke Lauge in den Röhren krystallisirt und dieselben verstopft. Der Bottich e wird daher jetzt nur zum Zusetzen von reinem Wasser benutzt, wenn dasselbe nöthig sein sollte.

Der Kupfervitriol wird gegenwärtig, bevor die Schwellen eingepackt werden, in die Schwellenbehälter und zwar auf das Dampfrohr geschüttet, woselbst er sich beim Eintreten der Dämpfe sehr schnell auflöst; der jedesmalige Zusatz beträgt etwa ½ Centner und dient nur dazu, der Lauge, welche aus einem der andern Behälter, nachdem sie dort wirksam gewesen, herübergepumpt wird, die verlorene Dichtigkeit wieder zu geben.

Alle mit der Lauge in Berührung kommenden Metalltheile bestehen aus Messing oder Kupfer, um die schädliche Einwirkung des Eisens auf die Kupfervitriol-Lösung zu vermeiden.

Die Anordnung der Röhren, Hähne und Ventile für die messingenen Pumpen zum Ueberleiten der Lauge aus einem Behälter in den andern ist in den Figuren 3[d], 3[e], 3[f] auf Blatt 1 im fünffachen Maaßstabe des Grundrisses besonders dargestellt.

Hinter den für die beiden Laugepumpen gemeinschaftlichen Ventilen sind vier Winkelhähne so angeordnet, daß es bei unverändertem Spiel der Pumpen und Ventile nur eine Drehung dieser Hähne um 90 Grad bedarf, um die Lauge, nachdem sie zuerst aus irgend einem der Behälter nach einem andern gepumpt worden war, durch dieselben Röhren aus diesem letztern wieder in irgend einen der beiden andern Behälter zu führen.

Nach der in der Figur 3[e] angegebenen Stellung saugen die Pumpen die Lauge mittelst der geöffneten Hähne a b c aus dem Behälter II nach dem Saugventil und drücken sie durch die Hähne d und e nach dem Behälter I; der Behälter III ist abgesperrt. Man hat also die Stellung

$$\overbrace{\text{II I}} \; - \; \text{III}.$$

Wird der Hahn a um 90 Grad gedreht, desgleichen der Hahn c d und b, so saugen die Pumpen durch e und c aus dem Behälter I nach dem Saugventil und drücken durch d und b nach dem Behälter III; man hat also

I III — II.

Wenn man nun den Hahn e von I abschließt, den Hahn b so dreht, daß seine Durchmesserbohrung in der Richtung des Rohres III c fällt, und die Hähne c d a wieder in die Stellung der Figur bringt, so wird die Lauge aus III durch b und c nach dem Saugventil und dann durch das Druckventil mittelst der Hähne d e und a nach dem Behälter II geschafft, und man hat:

III II — I.

Es ist nicht schwer, auch die übrigen Combinationen darzustellen.

Beim Beginn der Arbeit wird zuerst ein Behälter voll Schwellen gepackt, nachdem vorher 3½ Centner Kupfervitriol hineingeschüttet worden sind, worauf die Deckel geschlossen und die Dämpfe hineingeleitet werden. Hierzu ist etwa eine Stunde Zeit erforderlich. Die Lauge wird während des Kochens auf gleicher Stärke, etwa 3 Grad Beaumé erhalten, indem man nach Erfordern Wasser oder Kupfervitriol zusetzt. Während die Lauge zum Sieden gebracht wird, füllt man gleichzeitig in derselben Weise den zweiten Behälter mit Schwellen und Lauge und demnächst den dritten, in welchen man aber nur ½ Centner Kupfervitriol einträgt, als Zusatz zu der im ersten Behälter bereits gebrauchten Lauge. Wenn der erste Behälter wenigstens zwei Stunden lang sich abgekühlt hat, wird die Lauge aus ihm in den dritten Behälter gepumpt; der erste Behälter wird nun ausgepackt und sogleich mit neuen Schwellen gefüllt.

Inzwischen ist das Kochen und Abkühlen der Schwellen im zweiten Behälter beendigt, die Lauge wird aus demselben in den ersten Behälter gepumpt, um das Leeren und Füllen des zweiten Behälters vorzunehmen. Aus dem dritten Behälter wird die Lauge in den zweiten gepumpt u. s. w., so daß bei ununterbrochener Arbeit sich bei jedem Behälter das Verfahren nach sechsstündiger Arbeit wiederholt.

Der Apparat ist auf der Ostbahn im Ganzen während 421 Tagen in wirklicher Thätigkeit gewesen, so daß die Tage, an welchen nicht gearbeitet wurde (387) schon von der Gesammtzeit (808 Tage) abgerechnet sind. In dieser Zeit wurden 226 951 Mittelschwellen und 45178 Stoßschwellen, im Ganzen 227 029 Schwellen von Kiefernholz und einige andere, ebenfalls kieferne Bauhölzer getränkt, welche zusammen 1 198 364 Kubikfuß enthalten. Dazu sind 2000 Centner Kupfervitriol und 40 Centner Eisenvitriol verwandt worden.

Das Tränken eines Kubikfußes hat mit allen Nebenkosten 13,7 Pfennige gekostet. Zum Heizen des Dampfkessels sind 1020 Klafter Kiefern-Brennholz verwandt worden, oder pro Kubikfuß präparirten Holzes 0,0008 Kubikfuß Brennholz.

Ein ähnliches Verfahren, wie das auf der Ostbahn gebräuchliche und vorstehend ausführlich beschriebene, empfiehlt auch v. Weber in seiner „Technik des

Eisenbahnbetriebes in Bezug auf die Sicherheit desselben" als dasjenige, welches bis jetzt am meisten Nachahmung verdiene. Es unterscheidet sich von dem eben besprochenen Verfahren im Wesentlichen nur darin, daß die Hölzer aufrechtstehend und zwar in der Richtung, in welcher sie gewachsen sind, in die Bottiche eingesetzt werden, daß die Erhitzung bis auf 100 Grad C. während 1 ½ Stunde unterhalten wird, und daß man dann die Hölzer um 50 Grad C. abkühlen läßt, wozu man viel längere Zeit, als bei der Ostbahn, nämlich 6 bis 7 Stunden verwendet. Eine Schwelle von 3 ½ Kubikfuß soll 1 ¼ Kubikfuß Lauge oder $\frac{1}{2,8}$ ihres ursprünglichen Volums aufsaugen können, doch sollen 1,04 Kubikfuß genügen.

Absorbtions-Fähigkeit der Hölzer.

Ueber die Fähigkeit der Hölzer, die Metallsalzlösungen aufzunehmen, sind mehrfache Versuche angestellt worden. Versuche von Dalpiaz über die Gewichtszunahme der Hölzer durch die Absorbtion von Metallsalzlösungen geben folgende Resultate in Procenten des ursprünglichen Gewichts.

Holzart.	Gewichtszunahme. Grünes Holz.	Trockenes Holz.
Tannen . .	72 Procent,	52 Procent,
Nußbaum .	100 „	34 „
Ulme . . .	40 „	52 „
Linde . . .	87 „	140 „
Esche . . .	14 „	21 „
Eiche . . .	12 „	9 bis 11 Procent.

Nach den Untersuchungen, welche man bei der Tränkung auf der Berlin-Hamburger Bahn (S. 51) angestellt hat, ergab sich, daß

1 Kubikfuß Eichenholz durchschnittlich 0,195 Pfund
1 „ Kiefernholz „ 0,375 „

Kupfervitriol aufnahm.

Bei dem Verfahren auf der westfälischen Staatsbahn ergiebt sich aus den auf S. 53 gemachten Angaben, daß je nach den nähern Umständen der Behandlung 1 Kubikfuß Eichenholz 0,150 bis 0,243 Pfd. Kupfervitriol aufnahm.

Mehrfache Versuche sind über diesen Gegenstand auf der Königl. preußischen Ostbahn angestellt worden; es ergab sich, daß bei trockener und warmer Witterung: 1 Kubikfuß Kiefernholz 0,218 Pfund Kupfervitriol aus einer Lauge von 3 Grad Beaumé aufnahm, während gleiches Holz bei feuchter, kalter Winter-Witterung nur 0,180 Pfund pro Kubikfuß einsog. Wenn die vortheilhafteste Quantität Kupfervitriol festgestellt wäre, so würde man durch Laugen von verschiedener Stärke, selbst bei verschiedenen Witterungs-Verhältnissen und Holzarten, dennoch annähernd gleiche Resultate erreichen können. Hierauf gerichtete Versuche mit verschiedenen Stärken der Lauge haben ergeben, daß im Durchschnitt:

1	Kubikfuß	Kiefernholz	bei	6^0	Beaumé	0,388	Pfund Kupfervitriol
1	„	„	„	5^0	„	0,323	„ „
1	„	„	„	4^0	„	0,259	„ „
1	„	„	„	3^0	„	0,187	„ „
1	„	„	„	2^0	„	0,118	„ „

aufnahm.

Bei der Schwellentränkungs-Anstalt der Ostbahn sind im großen Durchschnitt auf einen Kubikfuß Holz, mit Einschluß aller Verluste, 0,187 Kupfervitriol verwandt worden. Dieser Betrag hat sich in letzter Zeit durch Vermeidung der Verluste bei derselben Stärke der Lauge auf 0,175 Pfund Kupfervitriol pro Kubikfuß vermindert.

Obwohl nun das Imprägniren der Hölzer behufs ihrer Conservirung bis jetzt vorzugsweise bei Eisenbahnschwellen angewendet worden ist, so verdient es doch eine weitere Anwendung auf alle solche Maschinentheile, welche den Bedingungen der Fäulniß unterworfen sind. Dies ist der Grund, weshalb wir hier die Methode der Tränkung der Hölzer einer ausführlicheren Besprechung unterworfen haben. Der Verfasser glaubt mit allem Recht die Anwendung des Tränkungsverfahrens für die Hölzer zu Wasserrädern, zu Gerinnen und Schützvorrichtungen, zu Krahnen, Winden und Hebemaschinen und für Gerüste aller Art, die den Einflüssen der Witterung und der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, empfehlen zu dürfen. Mit gleichem Erfolge kann man die Segel der Windmühlen und für Schifffahrtsgefäße und andere der Witterung ausgesetzte Gewebe, auch Hanftaue u. dgl. in ähnlicher Weise mit Metallsalzen präpariren.

Zuverläßige Versuche über die etwaige Veränderung, welche die Materialien durch das Tränken mit Metallsalzen in ihrer Festigkeit erleiden, fehlen bis jetzt.

Zweiter Abschnitt.

Das Eisen *).

§. 12.

Gewinnung des Eisens aus den Erzen durch den Hohofenbetrieb.

Kein Metall findet im Maschinenbau eine so umfangreiche Anwendung und keines ist von so außerordentlicher Bedeutung als das Eisen und dessen Verbindungen mit Kohlenstoff, nämlich das Gußeisen und der Stahl.

Es ist hier nicht am Orte die Bedeutung des Eisens für den Gewerbfleiß im Allgemeinen und für den Maschinenbau insbesondere zu erörtern. Wir verzichten daher auch auf die Mittheilung aller statistischen und ökonomischen Nachrichten über die Produktion und den Handelsverkehr, welche über das Eisen in reichem Maaße gesammelt worden sind. Wir wollen das Eisen vielmehr lediglich als Material betrachten, wie es in die Maschinenbau-Anstalt eingebracht wird, um daselbst weiter zur Darstellung von Maschinen bearbeitet zu werden. In diesem Sinne erscheint das Eisen in drei verschiedenen Zuständen, die sich durch wesentliche Merkmale von einander unterscheiden, wenn gleich innerhalb jeder dieser drei Kategorien wieder zahlreiche Verschiedenheiten vorkommen. Diese drei Zustände sind:

1) das Gußeisen,
2) das Schmiedeeisen,
3) der Stahl.

Indem wir den eben bezeichneten Gesichtspunkt für die Besprechung unseres Themas festhalten, können wir hier nicht in's Detail auf die Gewinnung des Eisens aus den Rohprodukten, den Erzen eingehen, und ebensowenig können wir mit dem Anspruch auf einige Ausführlichkeit die Darstellung des Schmiedeeisens und des Stahls erörtern. Diese drei Zustände des Eisens sind bereits gegeben, wenn das Eisen in unsere Diskussion eintritt. Wir haben es also schon mit einem „Halbfabrikat" zu thun und wollen nur so viel über die Erzeugung dieses Halbfabrikats anführen, als zur Beurtheilung desselben und zum Verständniß seiner Eigenschaften nothwendig erscheint.

Die Gewinnung des Eisens aus den Erzen im Großen geschieht gegenwärtig kaum anders, als durch den Hohofenbetrieb. Die angemessen vorbereiteten Eisenerze werden in die Hohöfen eingebracht, gemischt mit solchen Mineralien, welche geeignet sind in der Glühhitze die chemischen Verbindungen, in denen sich das Eisen in den Erzen befindet, namentlich die Sauerstoffverbindungen,

---

*) Bei diesem Abschnitt ist mehrfach benutzt worden der Artikel „Iron" in Appletons Dictionary of Machines, Mechanics, Engine-Work and Engineering.

zu zerlegen und das Eisen auszuscheiden (Reduciren des Eisens). Diese Mineralien heißen Zuschläge. Die Reduktion des Eisens kann im Allgemeinen nur bei sehr hohen Temperaturen stattfinden und wenn die Erze sich in geschmolzenem Zustande befinden. Da aber die meisten Eisenerze an und für sich äußerst schwer schmelzbar sind, so haben die Zuschläge auch den Zweck, die Schmelzbarkeit der Erze zu erleichtern, weshalb man sie auch Flußmittel oder Flüsse nennt. Man giebt abwechselnd Lagen von Eisenerzen mit geeigneten Zuschlägen vermischt (Beschickung) und Lagen von Brennmaterial auf die obere Oeffnung (die Gicht) des Hohofens auf, während in dem untern Theil desselben (dem Gestell) das Eisen, welches mit Hülfe eines durch ein Gebläse an mehreren Stellen eingeführten Luftstromes und der durch Verbrennen des Brennmaterials erzeugten Hitze aus den Erzen ausgeschieden ist, sich in geschmolzenem Zustande sammelt. Die Beschickungen sinken dabei allmählig von der Gicht nach dem Gestell hinab, sie werden auf diesem Wege (20 bis 60 Fuß) nach und nach erwärmt, dann glühend, dann zersetzen sie sich und scheiden das Eisen aus, indem sich andere Verbindungen zwischen den Zuschlägen und den zweiten Bestandtheilen der Eisenerze bilden, oder auch gewisse Bestandtheile der Eisenerze sich mit dem Sauerstoff der Gebläseluft, oder mit dem Kohlenstoff des Brennmaterials verbinden und entweichen oder verbrennen (Hohofengase). Die durch Zersetzung der Erze und durch die Zuschläge sich bildenden Verbindungen, welche in geschmolzenem Zustande sich gewöhnlich über dem geschmolzenen Eisen in dem Gestell des Ofens sammeln und durch eine besondere Oeffnung abfließen, nennt man Schlacken. Die Schlacken sind in der Regel kieselsaure Verbindungen, kieselsaurer Kalk, kieselsaure Thonerde u. s. w., je nach den Bestandtheilen der Erze und der Zuschläge. Sie sollen beim guten (garen) Gang des Ofens kein Eisen und keine Eisenverbindungen mehr chemisch gebunden enthalten. Das etwa mechanisch in den Schlacken in Form von Körnern eingesprengte Eisen wird, wenn die Menge desselben hinreichend groß ist, um die Arbeit zu lohnen, durch Pochen der Schlacken und Auswaschen derselben wieder gewonnen (Wascheisen).

Das geschmolzene Eisen wird im tiefsten Punkte des Gestelles durch eine Oeffnung (die Abstichöffnung) abgelassen (abgestochen), welche während des Ganges des Ofens durch ein Gemenge von feuerfestem Thon, Quarzsand u. s. w. (Gestiebe oder Gestübbe) verstopft ist. So oft sich im Gestell eine angemessene Quantität Eisen gesammelt hat, wird die Abstichöffnung geöffnet und das geschmolzene Eisen fließt aus; es wird durch Rinnen in der Herdsohle in Formen geleitet. Das gewonnene Eisen erhält dadurch die Gestalt von muldenförmigen Stücken (Flossen) oder von Barren (Gänzen) oder von Platten (Blatteln).

Eine etwas veränderte Einrichtung des Gestells der Hohöfen besteht darin, daß man dasselbe mit einem sogenannten Vorherd versieht, der so eingerichtet ist, daß man das geschmolzene Eisen mittelst Gießkellen daraus schöpfen kann, um es sodann in entsprechende Formen zu gießen.

Das aus dem Hohofen gewonnene Eisen ist sogenanntes Roheisen und gehört, wenn wir es unter die oben genannten Kategorien klassificiren, zum Gußeisen.

Das Brennmaterial, welches man zur Gewinnung des Roheisens im Hohofenprozeß verwendet, besteht entweder aus Holzkohlen oder aus Kokes. Man pflegt daher zu unterscheiden:

a) mit Holzkohlen erblasenes Roheisen,

b) mit Kokes erblasenes Roheisen.

Das erstere gilt im Allgemeinen als eine bessere Qualität des Roheisens und ist zu manchen Arten der weitern Verarbeitung des Roheisens mehr geeignet, als das mit Kokes erblasene.

Die einzelnen Portionen (Gichten) der Beschickung und des Brennmaterials betragen bei kleinern Hohöfen (30 bis 40 Fuß Höhe und 5 bis 8 Fuß Durchmesser an der weitesten Stelle — im Kohlensack —) 20 bis 30 Kubikfuß, bei größern Hohöfen (50 bis 60 Fuß Höhe und 10 bis 12 Fuß Durchmesser im Kohlensack) dagegen 40 bis 60 Kubikfuß.

Die Luft, welche durch das Gebläse in den Ofen geführt wird und welche mittelst Röhren, die in konische Mundstücke ausgehen (Düsen) und die in Hüllen von Eisen stecken (Formen), unmittelbar über dem Gestell eintritt, hat bei leichten Holzkohlen nur eine Spannung von $1\frac{1}{3}$ Fuß Wassersäule ($\frac{1}{24}$ Atmosphäre Ueberdruck), bei schweren Holzkohlen etwa das Doppelte, wogegen man bei Kokes Spannungen von 4 bis 8 Fuß Wassersäule ($\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Ueberdruck) verwendet. Die Menge der gespannten Luft variirt zwischen 1200 bis 2500 Kubikfuß in der Minute. Die Gebläseluft hat entweder die Temperatur der Atmosphäre, oder sie wird durch besondere Vorrichtungen vor dem Eintritte in den Ofen auf 125 bis 335 Grad C. erhitzt. Man unterscheidet hiernach wiederum in Bezug auf die Darstellung des Roheisens:

a) kalt erblasenes Roheisen,

b) heiß erblasenes Roheisen.

Das kalt erblasene Roheisen ist im Allgemeinen mehr geschätzt als das heiß erblasene, wenigstens für solche Zwecke, bei denen es auf die Festigkeit des Eisens ankommt. Bei Anwendung heißer Gebläseluft kann man auch Steinkohlen als Brennmaterial benutzen.

Die Menge des erforderlichen Brennmaterials zur Erzeugung des Roheisens ist wesentlich von der Beschaffenheit der Erze und der Zuschläge, sodann von dem Gange des Ofens abhängig; sie beträgt:

für	100	Pfund Roheisen	60 bis	200	Pfund	Holzkohlen,
„	100	„ „	110 „	300	„	Kokes,
„	100	„ „	150 „	280	„	Steinkohlen.

Der tägliche Abstich eines Hohofens ist im Ganzen 45 bis 250 Centner, je nach der Größe des Hohofens und je nach der Beschaffenheit der Erze und des Schmelzverfahrens. Bei dem Schmelzverfahren im Hohofen hat man in Bezug auf das erzeugte Roheisen und in Bezug auf die bei dem Ausscheiden des Roheisens und bei der dadurch bedingten Bildung der Schlacken vorkommenden Verhältnisse verschiedene Benennungen; man unterscheidet nämlich:

a) den guten (garen oder gemeinen) Gang des Ofens, wenn die Ausscheidung des Roheisens in der beabsichtigten Weise und vollkommen von Statten geht;

b) den rohen (übersetzten oder scharfen) Gang des Ofens, wenn das Eisen sich nicht vollkommen aus den Erzen ausscheidet, wobei dann ein Theil des Eisens in chemischer Verbindung mit den Schlacken bleibt (in die Schlacken geht). Der rohe Gang ist meist Folge eines unrichtigen Verhältnisses in den Zuschlägen zum Erze, oder auch einer unrichtigen Beschaffenheit der Zuschläge, oder endlich einer zu geringen Menge Kohlen;

c) den hitzigen oder heißen Gang des Ofens, wenn das Eisen einer zu hohen Temperatur ausgesetzt wird. Der Grund des hitzigen Ganges ist entweder zu langer Aufenthalt des Eisens im Schmelzraum, wodurch es eine zu hohe Temperatur erlangt, oder eine zu große Strengflüssigkeit der Zuschläge, wodurch eine zu hohe Temperatur bedingt wird, um das Ausscheiden des Eisens herbeizuführen, oder endlich ein Uebermaaß an Kohlen;

d) den kalten Gang des Ofens, wenn die Temperatur des Ofens nicht hoch genug ist, um ein vollkommenes Ausscheiden des Eisens zu bewirken. Die Ursachen des kalten Ganges sind die entgegengesetzten des hitzigen Ganges.

Den Gang des Ofens erkennt man theils an der Farbe des Glühens, welche in der Nähe der Form (siehe oben) stattfindet, theils an der Beschaffenheit der Schlacken und an der Art und Weise, wie sich dieselben bilden.

§. 13.

Erze und Zuschläge zur Darstellung des Roheisens.

Die zur Eisenproduktion verwendeten Erze sind von Einfluß auf die Eigenschaften und auf die Beschaffenheit des erzeugten Roheisens.

Die wichtigsten dieser Erze sind folgende:

A. Eisenoxyde.

1) Magneteisenstein (Eisenoxyd verbunden mit Eisenoxydul im Verhältniß von 69 zu 31) kommt mit Quarz, Hornblende, Asbest, Schwer-Fluß- und Kalkspath vor in sehr alten Gebirgslagern und ist das Haupterz für das schwedische und russische Eisen.

2) Eisenglanz (rothes Eisenoxyd 69,34 Eisen und 30,66 Sauerstoff) kommt zu Drusen verbunden in Rhomboëdern krystallisirt vor, mit Quarz, Hornstein, Eisenkiesel 2c., vorzugsweise auf der Insel Elba.

3) Rothsteineisen (rothes Eisenoxyd) kommt in eierförmigen, traubigen Massen vor, von concentrisch faseriger Textur, als rother Glaskopf, Blutstein, auch schuppig und zerreiblich (Rotheisenocker), unterscheidet sich von dem Eisenglanz nur durch Farbe und Textur. Mit Thon gemengt und von dunkelrother Farbe, kommt dieses Erz als rother Thoneisenstein vor.

Diese Erze kommen vorzugsweise in Westfalen, in der preußischen Rheinprovinz, im Hannöverschen 2c., auch in England vor.

B. Eisenoxydhydrat.

4) Braun-Eisenstein (Eisenoxyd mit chemisch gebundenem Wasser) kommt theils in krystallinischen Blättchen vielartig gruppirt vor, von röthlichbrauner Farbe,

stark glänzend, theils knollig, traubig, eierförmig von schuppig faseriger Textur (brauner Glaskopf); dann in runden Körnern von der Größe einer Bohne (daher Bohnerze) bis zur Größe einer Nuß. Kommt an vielen Orten in Preußen, dann in Steyermark, Kärnthen und in England vor. Mit Thon gemengt, erscheint dieses Erz als brauner Thoneisenstein namentlich in Oberschlesien, woselbst der braune Thoneisenstein und die sogenannten Braunerze (Brauneisenstein durch Zersetzung von Spatheisenstein hervorgegangen) den größten Theil der bedeutenden Eisensteinförderung ausmachen.

5) Gelbeisenstein, gelber Thoneisenstein, gelber Eisenocker, von den unter Nr. 4 genannten Erzen im Wesentlichen nur durch die Farbe verschieden.

6) Raseneisenstein (Sumpferz, Wiesenerz) kommt besonders in moorigen Gegenden vor, in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche, oder findet sich mit gelbem Thoneisenstein in Lagern von Flötzgebirg. Dieses Erz hat meistens einen gewissen Gehalt von Phosphorsäure, wodurch es zu mancher Fabrikation nicht geeignet ist.

C. Eisensalze.

7) Spatheisenstein, Stahlstein (Weißerz, Pflinz) kohlensaures Eisenoxydul, kommt theils in Rhomboëdern vor, hauptsächlich aber derb von blättriger Textur, splittrigem Bruch, auch von faseriger Textur, dann knollig, eierförmig (Sphärosiderit), diese Erze erscheinen meist mit kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia, kohlensaurem Manganoxydul verbunden. Ein Gemeng von Spatheisenstein mit thonigen Fossilien, kieselsaurer Thonerde ꝛc. bildet den thonigen Sphärosiderit, das Haupterz Englands. Es kommt in abgeplatteten sphäroidischen Massen von sehr verschiedener Größe vor, von gelblichbrauner, röthlichgrauer und schmutzig ziegelrother Farbe, zeigt einen körnigen, oft erdigen Bruch.

8) Kohleneisenstein, schwarzer Eisenstein, Blakband; kohlensaures Eisenoxydul mit Thonerde, Steinkohlen und Kalk gemengt, kommt in derben Stücken mit glattem, schieferartigem, glanzlosem Bruch vor, und bildet nicht nur einen Hauptreichthum Schottlands, sondern auch das wichtigste Erz Westfalens, welches erst seit einigen Jahren in großen Lagern daselbst aufgeschlossen worden ist. Der Kohleneisenstein findet sich in den untersten Schichten der Steinkohlenformation, liegt zum Theil auf dem Bergkalkstein und ist mit diesem vermengt. Das Erz enthält fast so viel Kalk, daß derselbe zur Schlackenbildung im Hohofen hinreicht; es ist leicht auszubringen, wenn gleich es nicht eben das vorzüglichste Eisen liefert. Früher kannte man dies Erz nicht, betrachtete es als todtes Gestein und warf es fort, bis Mushet auf den Werth desselben aufmerksam machte.

9) Kieselsaures Eisenoxyd und kieselsaures Eisenoxydul kommen in sehr untergeordneter Bedeutung als Eisenerze vor, da die meisten Erze dieser Art sich wegen des bedeutenden Gehaltes von Kieselerde nicht vortheilhaft ausbringen lassen.

In Bezug auf den Werth der Eisenerze pflegt man dieselben in fünf Klassen zu theilen, welche wiederum verschiedene Abarten enthalten. Folgende Zusammenstellung gewährt eine Uebersicht dieser Klassen mit Angabe des durchschnittlichen Eisengehaltes.

Klasse.	Abarten.	Eisengehalt in Procenten.
1) Gediegen Eisen (Meteoreisen.)	. . . .	94
2) Magnet-Eisenstein (Eisenoxydul-Oxyd)	reiner	72,40
	Mittel aus sieben Analysen . .	67,47
3) Eisenoxyd, reines	. . . .	70,00
	Blutstein, Glaskopf	67,67
	Rotheisenstein	56,50
	Rother Thoneisenstein (rother Ocker)	40,53
4) Eisenoxydhydrate.	Brauneisenstein	59,18
	Gelbeisenstein	56,98
	Gelber Thoneisenstein	54,97
	Bohnerze	44,45
	Eisenkörner in eisenhaltigem Sande	42,21
	Brauner Ocker	45,85
	Wiesenerz	29,54
5) Kohlensaures Eisenoxydul.	Spatheisenstein	44,91
	Thoniger Sphärosiderit	40,79
	Kohleneisenstein	42,95
	Braunerze	33,54

Nach dem Kohlenverbrauch beim Ausbringen der Erze ordnen sich dieselben etwa wie folgt:

Um 100 Pfund Roheisen zu erzeugen, gehört etwa folgende Brennstoff-Menge.

Benennung der Erze.	Eisengehalt in Procenten.	Kohlenverbrauch für 100 Pfd. Roheisen.	
		Holzkohlen.	Kokes.
Leicht schmelzbare Erze . . .	25—30	66—90	110—150
(Ein Theil der Klasse 4 und	30—35	90—110	150—180
Klasse 5.)	35—40	110—130	180—220
Erze von mittlerer Schmelz-	30—40	110—140	180—240
barkeit	40—50	140—180	240—300
(verschiedene Klassen.)	50—60	180—210	300—360
Strengflüssige Erze	30—40	160—200	275—350
(Klasse 2, 3 und ein Theil der	40—50	200—250	350—400
Klasse 4.)	50—60	250—300	400—500

Die Bedeutung der Zuschläge oder Flußmittel ist bereits im vorigen Paragraphen besprochen worden. Einen gewissen Grad von Reduktionsfähigkeit besitzen zwar schon die Brennmaterialien selbst und die in denselben enthaltenen erdigen Bestandtheile (Kali und Natron in der Holzkohle). Allein diese Bestandtheile sind meistens ganz unzureichend, um gleichzeitig das Schmelzen und Reduciren der Erze zu bewirken, und man ist daher genöthigt, gewisse Stoffe, welche nicht oder nur sehr wenig eisenhaltig sind, den Erzen zuzusetzen.

Kieselerde (Silicium), welche eine wesentliche Beimengung fast aller Eisenerze in ihrem natürlichen Vorkommen bildet, ist in manchen Fällen ein hinreichendes und geeignetes Flußmittel; aber gerade die Kieselerde ist häufig im Ueberfluß vorhanden, und dann wirkt sie nicht allein störend auf den Gang des Ofens, sondern beeinträchtigt auch die Qualität des erzeugten Eisens. In solchen Fällen muß man den Ueberschuß an Kieselerde durch Zusatz eines andern geeigneten Stoffes zu neutralisiren suchen, und solcher Zusatz wird namentlich dadurch von Wichtigkeit, daß die Theorie und die Praxis nachweisen, daß durch dergleichen Zusätze nicht allein der Ueberschuß an Kieselerde unschädlich gemacht, sondern auch die Schmelzbarkeit der Erze befördert wird, indem nämlich die Hauptaufgabe bei dem Hohofenbetrieb und das leitende Prinzip bei der Wahl der Flußmittel darin besteht: das Schmelzen der Erze bei möglichst geringer Temperatur zu bewirken. Nun wissen wir in der That, daß, während die meisten erdigen Bestandtheile der Eisenerze, nämlich Kieselerde, Kalkerde, Magnesia und Thonerde für sich allein, entweder nur sehr schwer, oder, wie die Thonerde, gar nicht sich schmelzen lassen, sie doch in Zusammenstellungen von zwei und zwei oder zu drei, und am besten zu vier, leicht und bei mäßiger Temperatur schmelzbar sind. Der Zuschlag dieser an sich unhaltigen Materialien ist daher das Mittel, die Schmelzbarkeit der Erze im Ofen bei angemessenen Temperaturgraden herbeizuführen.

Wir können hier nicht näher auf die Theorie der Flußmittel eingehen und müssen uns darauf beschränken, einige praktische Gesichtspunkte herauszuheben. Da Kieselerde und Thonerde sowohl in den Erzen als in dem Brennmaterial fast immer, Magnesia, Mangan und Kali in den Brennmaterialien häufig vorhanden sind, so bleibt in der Regel nur übrig Kalk hinzuzusetzen, und daher ist das gewöhnlichste Flußmittel Kalk, entweder in Form von Kalkstein, oder auch als Kreide oder als Muschelschaalen. Das Verhältniß dieses Zuschlages zu den Erzen richtet sich natürlich nach der Beschaffenheit der letztern. Im Durchschnitt pflegt man zu rechnen, daß der Kalkzuschlag bei Holzkohlen-Hohöfen etwa $1/_{14}$, bei Kokes-Hohöfen etwa $1/_8$ des Gewichtes der sämmtlichen übrigen festen Bestandtheile der Gichten betrage.

Obgleich hiernach der Kalk das gebräuchlichste und in vielen Fällen das beste Flußmittel ist, so gilt dies doch nicht in allen Fällen. Wenn Ueberschuß an Kieselerde in den Erzen vorhanden ist, so ist Kalkzuschlag am geeignetsten, aber wenn die Erze selbst in gewissem Grade kalkhaltig sind, so bilden den besten Zuschlag Thonerde oder Magnesia haltende Erden, oder beide. In andern Fällen, wo die Erze und das Brennmaterial äußerst thonhaltig sind, setzt man, freilich mit großer Vorsicht und in geringen Quantitäten, Kieselerde in Gestalt von Quarz zu. In solchen Fällen hat man mit großem Erfolg als Zuschläge kieselhaltige Substanzen, welche einen sehr geringen Eisengehalt besitzen, angewendet, z. B. Hornblende, Basalt, Serpentinstein, ja man wendet auch eisenhaltige Schlacken oder überhaupt sehr magere Eisenerze anstatt der ganz unhaltigen Substanzen an.

Im Allgemeinen mag hier angeführt werden, daß die festen Substanzen,

welche in den Ofen eingesetzt werden, mit Ausschluß des metallischen Eisens und des Brennmaterials, etwa folgende Verhältnisse haben:

Kieselerde	45 bis 60 Procent.	Magnesia	12 bis 25 Procent.
Kalkstein	20 „ 35 „	Manganoxyd	15 „ 20 „

Wenn alle vier obengenannten Materialien gleichzeitig vorhanden sind, so gilt als das beste Verhältniß (ohne Rücksicht auf die schmelzenden Eigenschaften der Metalloxyde, welche etwa vorhanden sind) folgendes:

Kieselerde	35,2 Procent.	Kalk	19,1 Procent.
Thonerde	31,7 „	Magnesia	14,0 „

Die Zuschläge müssen, wie die Erze, in möglichst gleichförmige Stücke zerbrochen werden, bevor sie mit den Erzen gemengt werden, auch ist es von besonderer Wichtigkeit, reichhaltigere und ärmere Erze gehörig mit einander zu vermengen (zu gattiren).

Die künstlichen Flußmittel, wie Kochsalz, Pottasche, Salpeter u. s. w., welche man sowohl für sich einzeln, als auch in Vermischung mit akalischen Erden als Zuschläge in Vorschlag gebracht hat, und welche in den letzten 20 Jahren vielfach versucht worden sind, scheinen bis jetzt nicht den praktischen Erfolg gehabt zu haben, welchen die Theorie davon erwarten ließ, und es erscheint zweifelhaft, ob man überhaupt damit jemals einen günstigen Erfolg erringen wird. Dies liegt nicht an einem Irrthum in der Theorie, sondern vielmehr an der Schwierigkeit, welche dem Hohofen-Betrieb eigen ist, diese sehr schmelzbaren und reducirenden Flußmittel gerade in dem Punkte des Ofens zur vollen Anwendung zu bringen, wo sie von Nöthen sind.

Die zum Schmelzen erforderliche Luftmenge ist erfahrungsmäßig etwa im Volum das 3000fache von dem Volum der festen Bestandtheile, welche für eine gewisse Zeit in den Ofen gelangen. Folgende Zusammenstellung ist als Durchschnittsangabe anzusehen:

	Holzkohlen-Hohöfen.		Kokes-Hohöfen.	
	feste Körper.	Luft.	feste Körper.	Luft.
Volum der Materialien, welche in einer Minute in den Ofen gelangen, in Kubikfuß . . .	0,295	900	1,06	3000
Gewichtsmenge der Materialien, welche in einer Minute in den Ofen gelangen, in Pfunden	24,82	75	102,12	269
Verhältnißzahlen des Volums	1	3050	1	2830
Verhältnißzahlen des Gewichtes	1	3,022	1	2,634

§. 14.

Roheisen, Arten und Eigenschaften desselben.

Das Eisen, welches als Metall zu den chemisch unzerlegbaren Stoffen (Elementen) gehört, kommt weder in der Natur chemisch rein vor, noch ist es in den zahlreichen Fällen seiner Anwendung in diesem Zustande. Die als Eisen

vorzugweise bezeichneten Materialien sind vielmehr chemische Verbindungen des Eisens, und zwar Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff.

Diese Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff bilden jene drei Hauptzustände des Eisens, das Gußeisen, den Stahl und das Schmiedeeisen, deren wir bereits im Paragraphen 12 gedacht haben.

Die Eigenthümlichkeiten dieser Verbindungen sind für die Technik und in unserm Falle für den Maschinenbau von der allergrößten Wichtigkeit; auf ihnen beruht wesentlich die Anwendbarkeit des Eisens zu den mannigfaltigsten Zwecken, und um die Herstellung und die Aenderung dieser Verbindungen dreht sich ein großer Theil der zahlreichen Operationen, welche die Aufgabe und den Zweck jener außerordentlichen Menge von Arbeiten und Werken bilden, durch welche die Eisenindustrie einen so gewaltigen Einfluß auf die menschlichen Zustände nach allen Richtungen ausübt.

Man sollte meinen, daß ein so wichtiger Gegenstand, der nicht verfehlen konnte die Bestrebungen und die Aufmerksamkeit den Männern der Wissenschaft lebhaft anzuregen, in Bezug auf die Theorie und die wissenschaftlichen Erklärungen der bei der Bildung und Aenderung jener Verbindungen des Eisens mit dem Kohlenstoffe vorkommenden Natur-Erscheinungen bereits vollständig erforscht und aufgeklärt sein müßte; und dennoch findet man gerade das Gegentheil; dennoch hat man über den Vorgang bei der Bildung und Aenderung jener Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Eisen und über die dabei vorkommenden ungemein merkwürdigen Erscheinungen zum großen Theil nur noch ziemlich unsichere und zweifelhafte Theorien, die viele jener Erscheinungen vollständig unerklärt lassen.

Nach des Verfassers Ansicht kann sich das Eisen in sehr verschiedenen Verhältnissen mit dem Kohlenstoff chemisch verbinden, und es stellt das Produkt des Hohofenbetriebes, das Roheisen, in den meisten Fällen eine Combination mehrer verschiedener Eisenkohlenstoff-Verbindungen und überschüssigen Kohlenstoffes dar, welch letzterer sehr fein vertheilt oder in sichtbaren Ablagerungen, als Graphit, eingemengt erscheint.

Nach diesen verschiedenen Combinationen der Kohlenstoff-Eisen-Verbindungen und des reinen Kohlenstoffes, der sich, ohne chemisch mit dem Eisen verbunden zu sein, eingemengt findet, erscheint das Roheisen natürlich in sehr verschiedenem Ansehen und mit sehr verschiedenen Eigenschaften. Je weniger Kohlenstoff mechanisch eingemengt ist, desto heller erscheint das Eisen in seinem Bruch, desto fester, dichter und härter ist es, weil, wie dies nach der oben aufgestellten Ansicht erklärlich ist, in diesem Fall die dichte Ablagerung der Atome der einzelnen Eisenkohlenstoff-Verbindungen nicht durch den dazwischen liegenden Kohlenstoff gehindert wird. Je mehr freien Kohlenstoff das Roheisen enthält, desto grauer ist es im Allgemeinen von Farbe, desto weniger dicht und hart und desto schwerer schmelzbar, aber auch desto dünnflüssiger nach dem Schmelzen ist es.

Die gewöhnliche Eintheilung des Roheisens unterscheidet hiernach zwei Hauptarten:

a) weißes Roheisen,

b) graues Roheisen.

a) Das weiße Roheisen mit seinen verschiedenen Unterabtheilungen und Abstufungen stellt nach der obigen Ansicht chemische Verbindungen von Eisen und Kohlenstoff in verschiedenen Verhältnissen dar, und zwar ohne mechanische Beimengung von Kohlenstoff. Die verschiedenen Arten des weißen Roheisens eignen sich besonders zur Schmiedeeisen-Fabrikation, welche in der Entziehung des größten Theiles des Kohlenstoffgehaltes besteht. Der Kohlenstoff scheint nämlich aus den chemischen Verbindungen sich leichter herausbringen zu lassen, als der fein zertheilte, mechanisch eingemengte Kohlenstoff.

Das weiße Roheisen eignet sich nicht zur Gießerei von Maschinentheilen, die bearbeitet werden sollen, da es hart, spröde und namentlich viel dickflüssiger ist als graues Roheisen. Die Farbe des weißen Roheisens ist hell, oft silberweiß, und zeigt einen strahligen, stark glänzenden Bruch, oft mit spiegelnden Flächen.

Die wichtigsten Arten sind:

1) das Spiegeleisen (neutrales Roheisen) hat die Eigenschaften des weißen Roheisens, wie sie oben angeführt wurden, im höchsten Grade; es stellt die kohlenstoffreichste chemische Verbindung des Eisens dar, indem es auf 4 Atome Eisen 1 Atom Kohlenstoff oder etwa 5,25 Gewichtstheile Kohlenstoff auf 100 Gewichtstheile Spiegeleisen enthält.

   Das Spiegeleisen wird auch, da es vorzugsweise zur Darstellung des Stahles benutzt wird, Rohstahleisen genannt, auch kommt es unter der Benennung dickgrelles Eisen, Spiegelfloß*), Hartfloß vor.

2) Das weißgare Roheisen hat einen geringeren Gehalt an Kohlenstoff, als das Spiegeleisen, einen mattern Glanz, körnigschuppigen Bruch; es entsteht meistens im Hohofen aus Spiegeleisen, indem sich entweder durch Abgabe an die Schlacke oder durch eine höhere Temperatur das Spiegeleisen in eine geringere Kohlenstoff-Verbindung umwandelt. Der Kohlenstoffgehalt beträgt etwa 4 bis 4,25 Procent des Gewichtes.

3) Das blumige Eisen, blumige Floß, hat einen noch geringeren Kohlenstoffgehalt von etwa 3,5 Procent; es hat seinen Namen von dem feinstrahligen Gefüge und dem eigenthümlichen Ansehen der Bruchfläche, welche eine bläuliche oder bläulich graue Farbe zeigt.

4) Das grelle Roheisen (Weißeisen). Die weiße Farbe des Eisens hat viel Grau beigemischt, der Glanz ist noch beträchtlich, doch ist auf der Bruchfläche kein bestimmtes Gefüge mehr zu bemerken, vielmehr zeigen sich im Bruch Poren und kleine Höhlungen. Die Bezeichnung grell bezieht sich auf die Art des Bruches.

5) Das luckige (löcherige) Eisen, luckige Floß. Die weiße Farbe des Eisens hat hier noch mehr abgenommen, ist bläulich weiß geworden, der Bruch ist zackig und sehr porös mit viel beträchtlicheren Höhlungen, wie in dem grellen Roheisen.

Das spezifische Gewicht des weißen Roheisens variirt zwischen 7,056 bis 7,889 und ist im Durchschnitt zu 7,5 anzunehmen, so daß

---

*) Unter Floß versteht man überhaupt das in muldenförmigen Stücken gegossene Roheisen.

der preußische Kubikfuß weißen Roheisens 495 Pfund, ein Kubikzoll $9^1/_6$ Loth wiegt. (Näheres in §. 24.)

b) Das graue Roheisen zeigt alle Farbenschattirungen zwischen Schwarz und Hellgrau, so daß öfter in einem Stück mehrere Abstufungen von grau vorkommen. Die dunklern Farbentöne kommen in der Regel mit einem lebhaften Metallglanz vor, als die helleren. Nicht selten kommen auch Gemenge von grauem und weißem Roheisen in ein und demselben Stücke vor, und zwar entweder so, daß man die Ablagerungen deutlich wahrnehmen kann (streifiges Roheisen), oder auch ziemlich vollkommen gemischt, so daß das weiße Roheisen als helle Pünktchen in der dunklen Masse des grauen Roheisens erscheint, und umgekehrt (halbirtes Roheisen).

Das spezifische Gewicht des grauen Roheisens ist zwischen 6,635 und 7,275 (beim dunkelgrauen) 6,916 und 7,572 (beim hellgrauen) und 6,831 und 7,430 (beim halbirten) Roheisen veränderlich. Nimmt man es, für den Gebrauch hinreichend genau, zu 7,2 im Durchschnitt an, so wiegt ein preußischer Kubikfuß 475,6 Pfund und ein Kubikzoll 8,8, nahezu $8^3/_4$ Loth. (Ausführlicheres hierüber in §. 24.)

Das Gefüge des grauen Roheisens zeigt mancherlei Verschiedenheiten zwischen einer vieleckigkörnigen bis zu einer feinschuppigen, fast dichten Bruchfläche. Je mehr das körnige Gefüge sich vermindert, wird die Farbe heller und der Glanz matter, wogegen das Gefüge des weißen Roheisens aus dem blättrig strahligen Bruch in den kleinsplittrigen und dichtern Bruch übergeht. Das graue Roheisen zeigt im Allgemeinen viel weniger krystallinisches Gefüge als das weiße.

Je mehr Kohlenstoff das graue Roheisen mechanisch beigemengt enthält, desto mehr fällt die Farbe in's Dunkle, desto weicher und leichter zu bearbeiten ist dasselbe.

Man wendet daher das graue Roheisen vorzugsweise zur Gießerei von Maschinentheilen und Bauconstructionen an.

Nach Karsten's Ansicht entsteht das graue Roheisen im Hohofenprozeß aus dem weißen Roheisen*), so daß sich also in dem Hohofen immer erst weißes Roheisen bildet. Es werden also hiernach und nach unserer Auffassung zuerst die chemischen Verbindungen von Eisen und Kohlenstoff sich bilden und demnächst sich unter gewissen Bedingungen wieder theilweise entmischen, indem ein Theil des chemisch gebundenen Kohlenstoffes ausscheidet und in dem Eisen eingemengt bleibt, ein anderer Theil des Kohlenstoffes aber wahrscheinlich verbrennt. Diese letzte Ansicht wird bestätigt durch die Beobachtung Karsten's, daß das graue Roheisen in allen Fällen einen geringern, höchstens aber einen ebenso großen Gesammtgehalt an Kohlenstoff besitzt, als das aus denselben Erzen erblasene weiße Roheisen. Es muß hiernach das graue Roheisen nicht nur ein Gemenge von reinem Kohlenstoff und chemischen Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Eisen sein, sondern es müssen auch die in

*) Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde III. S. 192. (3te Ausgabe.)

dem grauen Roheisen enthaltenen Eisenkohlenstoff-Verbindungen von geringerem Kohlenstoffgehalt sein, als die kohlenstoffreichste chemische Verbindung, nämlich das Spiegeleisen, so daß das graue Roheisen, nach dieser Entwicklung, aus mindestens einer Eisenkohlenstoff-Verbindung von geringerem Kohlenstoffgehalt und aus beigemengtem reinen Kohlenstoff bestehen muß.

Hierdurch wird die Thatsache erklärt, daß wenn man graues Roheisen schmelzt und es dann plötzlich abschreckt, entweder durch Gießen in kaltes Wasser, oder durch kalte Wandungen der Formen (Schaalenguß), daß dann dasselbe die Eigenschaften des weißen Roheisens annimmt und vollständig oder wenigstens an den abgekühlten Oberflächen in weißes Roheisen übergeht. Das Eisen nimmt nämlich bei der plötzlichen Erstarrung den freien Kohlenstoff chemisch wieder auf, was vollkommen denkbar ist, da die Kohlenstoff-Verbindung nicht eine solche war, die bereits Kohlenstoff im Maximum enthielt.

Eine von Karmarsch*) angeführte Thatsache, daß durch die Umwandlung des grauen Roheisens in weißes vermöge plötzlicher Abkühlung das spezifische Gewicht sich gleichfalls in dem Verhältniß von 1000 zu 1052 bis 1071 vermehre, also das Volum um 5 bis 6 Procent sich vermindere, scheint unsere Annahme, daß der freie Kohlenstoff des grauen Roheisens bei jener Umwandlung in eine chemische Verbindung eingetreten sei, vollkommen zu bestätigen.

Das wichtigste Mittel und zugleich ein nothwendiges Erforderniß, um weißes Roheisen in graues zu verwandeln, ist eine hohe Temperatur. Nur wenn die Bedingungen einer hohen Temperatur gegeben sind, können die Eisenkohlenstoff-Verbindungen theilweise entmischt und graues Roheisen erblasen werden. Ist die Temperatur im Ofen zu hoch (hitziger Gang), so scheidet sich zu viel Kohlenstoff aus dem Eisen aus und man erhält schwarzes Roheisen (übergares Roheisen) von tief dunkelgrauer, fast schwarzer Farbe. Dasselbe enthält den Kohlenstoff oft in Form von Graphitblättchen abgelagert; es hat einen sehr grobkörnigen Bruch, ist sehr weich und mürbe, und wegen seiner geringen Festigkeit zu manchen Gegenständen der Gießerei wenig geeignet.

Der Kohlenstoffgehalt des grauen Roheisens ist von Karsten vielfach untersucht worden.

Folgende Tabelle enthält eine Ueberſicht der gefundenen Resultate:

100 Theile graues Roheisen enthalten:	Chemisch gebundener Kohlenstoff.	Freier Kohlenstoff.	Summe des Kohlenstoffes.
Von der Saynerhütte bei Holzkohlen aus Brauneisenstein	0,89	3,71	4,60
Von der Widdersteiner Hütte im Siegenschen bei Holzkohlen aus Braun- und Spatheisenstein	1,03	3,62	4,65
Von Malapane bei Holzkohlen aus Sphärosiderit	0,75	3,15	3,90
Von der Königshütte bei Kokes aus Braunerzen	0,58	2,57	3,15
Desgl. bei einem weniger hitzigen Gange des Ofens	0,95	2,70	3,65

*) Mech. Tech. I. S. 6.

Wenn man graues Roheisen durch plötzliches Abkühlen in weißes Roheisen umgewandelt hat, so kann man durch eine vorsichtige Behandlung es wieder aus diesem Zustande in denjenigen des grauen Roheisens zurückführen, indem man es bei einer sehr hohen, beträchtlich über den Schmelzpunkt des weißen Roheisens hinausgehenden Temperatur schmelzt und dann äußerst langsam abkühlen läßt.

Das weiße Roheisen ist nicht schweißbar, auch nicht streckbar, graues Roheisen dagegen beides in einem gewissen Grade. Die Temperatur der Schweißhitze liegt jedoch bei dem grauen Roheisen so nahe dem Schmelzpunkt, daß Schweißungen nur mit großer Schwierigkeit auszuführen sind, weßhalb auch die Schweißbarkeit des Roheisens für die Praxis noch keine brauchbare Anwendung gefunden hat.

Das weiße Roheisen ist bei einem geringern Temperaturgrade schmelzbar als das graue, es ist aber weniger dünnflüssig als jenes. Der Schmelzpunkt des weißen Roheisens liegt noch unterhalb der Temperatur, bei welcher Schmiedeeisen weißglühend ist.

Geschmolzenes Eisen ist dichter, als Eisen in festem Zustande, da letztes auf erstem schwimmt. Das graue Roheisen dehnt sich beim Uebergang aus dem flüssigen Zustande in den festen mehr aus, als das weiße, auch füllt es die Formen besser.

Wenn das erstarrte Roheisen weiter erkaltet, zieht es sich wieder zusammen, und zwar beträgt diese Zusammenziehung (das Schwinden) in der Längendimension $1/_{98}$ bis $1/_{95}$ der ursprünglichen Dimension der Form. Es würden sich demnach Roheisen von einem Volum gleich 1000 beim Erkalten auf ein Volum gleich 942 bis 858 zusammenziehen. Die Ausdehnung des Roheisens bei der Erwärmung von 0 Grad bis 100 Grad beträgt $1/_{901} = 0{,}001109$ der ursprünglichen Länge bei Null Grad.

Die Temperatur, bei welcher Roheisen schmilzt, wird gewöhnlich nach dem Wedgwood'schen Pyrometer*) auf 100 bis 120 Grad angegeben. Nach Daniell entspricht dieselbe etwa 1530 bis 1587 Celsius.

Die wichtigsten Eigenschaften, in welchen sich das weiße und graue Roheisen unterscheiden, mögen hier der Uebersicht wegen zusammengestellt werden:

---

*) Man bedient sich zum Messen sehr hoher Hitzgrade gewöhnlich des Pyrometers von Wedgwood, welches auf der Eigenschaft gewisser Thonarten beruht, in der Hitze sehr gleichmäßig zu schwinden. Die Skala von Wedgwood ist in 240 Grade getheilt, der Nullpunkt derselben entspricht einem Thermometerstande von:

1077	Grad des Thermometers von	Fahrenheit
464,44	„ „ „ „	Réaumur
580,55	„ „ „ „	Celsius

und es ist ferner zu berechnen:

1 Grad Wedgwood gleich	16,2	Grad	Fahrenheit
1 „ „ „	5,778	„	Réaumur
1 „ „ „	7,222	„	Celsius.

Es würden also 100 bis 120 Grad Wedgwood 580,55 + 722,2 bis 580,55 + 866,64 das ist 1302,75 bis 1447,19 Grad Celsius entsprechen.

Graues Roheisen	Weißes Roheisen
ist weniger leicht orydirbar; behält seine Eigenthümlichkeiten *länger*, aber verliert dieselben (Festigkeit u. s. w.) vollständiger; erleidet diese Veränderungen im höhern Grade, wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist.	ist leichter orydirbar, verliert seine Eigenschaften früher und wird körnig, grau und stahlartig in Bezug auf die Hämmerbarkeit und das Anlassen; erleidet diese Veränderungen im höhern Grade, wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist.
unter Zutritt der Luft erhitzt, jedoch vor Erreichung des Schmelzpunktes, erfordert es mehr Hitze und mehr Luft, um einen gewissen Grad von Schmiedbarkeit anzunehmen.	unter Zutritt der Luft erhitzt, jedoch vor Erreichung des Schmelzpunktes, wird es leicht schmiedbar, und kann gehärtet werden bis zur schneidenden Schärfe.
erfordert eine höhere Temperatur zum Schmelzen, bei hoher Temperatur geschmolzen und schnell *abgeschreckt*, geht es in *weißes* Roheisen über.	schmilzt bei einer geringern Temperatur, bei hoher Temperatur geschmolzen und *schnell* abgeschreckt, wird es außerordentlich spröde.
bei hoher Temperatur geschmolzen und *langsam* abgekühlt, behält es seine Eigenschaften oder wird weicher.	bei hoher Temperatur geschmolzen und *langsam* abgekühlt, wird es grau.
im geschmolzenen Zustande ist es *dünnflüssiger*, dehnt sich beim Erstarren *mehr* aus.	im geschmolzenen Zustande ist es dickflüssiger und zähe, dehnt sich beim Erstarren *weniger* aus.

Das aus England kommende Roheisen wird im Allgemeinen nach den Hüttenwerken benannt, aus denen es bezogen wird. Man unterscheidet jedoch nach der Gegend gewöhnlich:

Welsh Cast Iron
English „ „
und Scotsh „ „

In jedem Hüttenwerk pflegt man das Eisen noch nach *drei Nummern* zu bezeichnen.

Nr. 1. ist das beste *graue*, zu Eisengußwaaren und Maschinen vorzüglich geeignete Gußeisen.

Nr. 2. ist etwas *heller* und *poröser*, dem grellen Roheisen sich nähernd.

Nr. 3. ist sehr porös und blätterig im Bruche.

Außer diesen Nummern pflegen die verschiedenen Eisensorten noch mit den Buchstaben C oder H, oder auch C B und H B bezeichnet zu sein. Dieselben sollen bedeuten *cold blast* (kalt erblasen) und *hot blast* (heiß erblasen).

Das aus dem Hohofen gewonnene *Roheisen* enthält keineswegs *nur* die in diesem Paragraphen angedeuteten Verbindungen von Kohlenstoff und Eisen, oder Mengungen dieser Verbindungen mit Kohlenstoff, vielmehr ist dasselbe in den meisten Fällen noch mit einer Menge anderer Körper, theils mit einfachen, theils mit Salzen, Oryden ꝛc. vermischt, die wiederum entweder nur eingemengt oder auch mit dem Eisen chemisch verbunden darin vorkommen. Diese Stoffe sind im

Wesentlichen folgende: Mangan, Titan, Phosphor, Schwefel, Kiesel, Calcium, Magnesium, Chrom u. s. w. Manche dieser Stoffe thun der Güte des Eisens keinen wesentlichen Eintrag, sie können oft in beträchtlicher Menge darin vorhanden sein, ohne daß sie nachtheilig sind, so z. B. Mangan und Titan; andere Stoffe, namentlich Schwefel, Phosphor, Kiesel u. s. w. sind durchaus als schädliche Beimengungen des Eisens zu betrachten, bedingen manche nachtheilige Eigenschaften, und vermindern dadurch die Qualität des Eisens. Man hat sie daher als Verunreinigungen des Roheisens anzusehen.

Bei wiederholtem Umschmelzen, sowie beim Verfrischen, indem man das Gußeisen in Schmiedeeisen umwandelt, scheidet ein großer Theil dieser Stoffe aus, indem sie sich zu Schlacken gestalten, so daß man im Schmiedeeisen keine weitern Spuren davon findet; einige dieser Stoffe aber, namentlich Schwefel und Phosphor, sind sehr schwer oder fast gar nicht los zu werden, und liefern oft ein fast unbrauchbares Schmiedeeisen. Karsten fand in einem Roheisen 0,371 Procent Schwefel, wodurch dasselbe für die Stabeisenfabrikation ganz unbrauchbar wurde. Den größten Phosphorgehalt haben die aus Raseneisenstein (Wiesenerzen) hergestellten Roheisenarten. Karsten fand als höchsten Phosphorgehalt 5,6 Procent, und selbst in solchem Roheisen, in dessen Erzen keine Phosphorsäure nachweisbar war, kamen noch etwa 0,2 Procent Phosphor vor. Der größte Gehalt an Kiesel wurde von Karsten gleich 3,46 Procent gefunden.

Analysen von Roheisen aus Frankreich, England und aus der Rheinprovinz Preußens sind von Gay-Lussac und Wilson angestellt worden; sie sind in folgenden Tabellen enthalten, wobei jedoch zu bemerken ist, daß durch die angewendete Methode der Kohlenstoff zu gering gefunden worden ist.

Roheisen.	Eisen.	Kohlenstoff.	Kiesel.	Phosphor.	Mangan.	Bemerkungen.
A. **Weißes Roheisen.**						
von Siegen	94,338	2,690	0,230	0,162	2,590	Bei Holzkohlen erblasen.
„ Coblenz	94,654	2,441	0,230	0,185	2,490	desgl.
aus der Champagne	96,133	2,324	0,840	0,703	Spuren	desgl.
von Isère	94,687	2,636	0,260	0,280	2,137	desgl.
B. **Graues Roheisen**						
von Nivernais	95,673	2,254	1,030	1,043	Spuren	desgl.
„ Berry	95,573	2,319	1,920	0,188	desgl.	Bei einem Gemeng von Kokes und Holzkohlen erblasen.
aus der Champagne	95,971	2,100	1,060	0,869	desgl.	Bei Holzkohlen erblasen.
von Creusot	93,385	2,021	3,490	0,604	desgl.	Bei Kokes erblasen.
aus der Franche-Comté	95,689	2,800	1,160	0,351	desgl.	desgl.
von Wales	94,842	1,666	3,000	0,492	desgl.	desgl.
Ebendaher	95,310	2,550	1,200	0,440	desgl.	desgl.
„	95,150	2,450	1,620	0,780	desgl.	desgl.

§. 15.
Verschiedene Methoden der Darstellung des Schmiedeeisens. Gewinnung des Schmiedeeisens aus den Erzen.

Das Roheisen (Gußeisen) ist nur in sehr geringem Grade streckbar, und läßt sich auf keinerlei Weise ohne weitere Behandlung mit praktischem Erfolge zum Schmieden verwenden. Damit es die Eigenschaft erlange, sich schmieden, biegen und strecken zu lassen, muß man demselben einen gewissen Theil seines Kohlenstoff-Gehaltes entziehen. Wenn das Eisen seinen Kohlenstoff-Gehalt bis auf 2 und abwärts bis $^2/_3$ Procent vermindert hat, so bildet es denjenigen Zustand, welchen wir als „Stahl", beziehungsweise „stahlartiges Roheisen" bezeichnen. Nimmt der Kohlenstoff-Gehalt noch weiter ab, so daß derselbe bis unter $^2/_3$ bis $^1/_2$ Procent sinkt, so ist das Eisen in dem Zustande, welchen wir „Schmiedeeisen" nennen. (Vergl. §. 12.)

Das Schmiedeeisen ist daher zwar nicht chemisch reines Eisen, aber doch, wenn es sich in möglichster Vollkommenheit befindet, ein solches Eisen, in welchem der Kohlenstoff in äußerst geringer Menge vorhanden ist, und welches sich daher dem chemisch reinen Eisen in hohem Grade nähert. Unter Eisen ohne weitere Bezeichnung, werden wir daher künftig im Allgemeinen Schmiedeeisen verstehen.

Die Darstellung des Schmiedeeisens, oder die Erzeugung eines sehr wenig kohlenstoffhaltigen Eisens, kann auf zweierlei Weise geschehen:

A. aus den Erzen unmittelbar,

B. aus dem Roheisen.

Die erste Methode, das Schmiedeeisen darzustellen, ist die älteste, aber wegen ihrer Langsamkeit und des damit verbundenen großen Aufwandes an Brennmaterial, wird sie gegenwärtig nur in geringem Umfange betrieben. Man pflegt diese Darstellungsart des Schmiedeeisens „Luppenfrischarbeit" auch Rennarbeit" zu nennen. Sie beruht darauf, daß man die zerkleinerten Erze mit Kohlen und unter Einwirkung eines Luftstroms ihres Sauerstoffgehaltes beraubt (reducirt). Das Eisen kommt dabei nicht zum Schmelzen, sondern vereinigt sich zu einem backenden Klumpen, die Luppe. Das auf solche Weise gewonnene Schmiedeeisen gilt als das beste und vorzüglichste; es wird namentlich in den Pyrenäen, auf Elba, in Ostgallizien, in Schweden und Norwegen noch auf diese Weise Schmiedeeisen dargestellt.

Man kann die Reduction der Erze, um Schmiedeeisen direct zu gewinnen, entweder in Herden (Feuern) oder in Schachtöfen (Stücköfen) vornehmen. Die erste Methode wird repräsentirt:

a) durch die deutsche Luppenfrischerei,

b) durch die französische Luppenfrischerei,

c) durch die italienische Luppenfrischerei.

Die Gewinnung des Schmiedeeisens in Stücköfen stimmt im Wesentlichen mit der Luppenfrischerei in Herden überein. In niedrigen Schachtöfen werden die Eisenerze zuerst reducirt und dem Schmelzen nahe gebracht, dann zu einem

Klumpen (dem Wolf, daher auch Wolfsöfen oder dem Guß) zusammengeballt, und, nachdem der untere Theil des Ofens (die Brust) aufgebrochen worden, herausgeholt und unter dem Hammer bearbeitet.

Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen.

Die Gewinnung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen kann man als Schmiedeeisenfabrikation auf indirectem Wege bezeichnen. Man stellt zuerst Roheisen dar und vermindert dann durch eigenthümliche Behandlung desselben den Kohlenstoffgehalt, wodurch das Eisen streckbar, aber sehr schwer schmelzbar wird.

In Bezug auf diese Darstellung kann man füglich drei Methoden unterscheiden, welche wir in der Ordnung zusammenstellen, nach welcher sie das beste und vollkommenste Schmiedeeisen zu liefern vermögen. Nämlich:

1) das Anlassen (Tempern, Adouciren),
2) das Puddeln,
3) das Frischen.

Diesen drei Methoden ist in ganz neuerer Zeit noch eine vierte hinzugetreten, nämlich das nach seinem Erfinder benannte Bessemer'sche Verfahren. Dasselbe besteht im Wesentlichen darin, daß man das geschmolzene, aus dem Hohofen entnommene Roheisen, während es noch flüssig ist, in einen besondern Ofen leitet und durch dasselbe Ströme atmosphärischer Luft treibt, welche so starke Spannung hat, daß sie den Druck der geschmolzenen Eisenmasse überwindet. Hierdurch wird der Kohlenstoff im Roheisen verbrannt, und dieses letztere unter außerordentlicher Temperatur-Erhöhung in geschmolzenes Schmiedeeisen verwandelt. Bis jetzt hat dies Verfahren, so große Sensation es bei seinem Bekanntwerden erregte, noch keine große Verbreitung, wohl aber Anfechtungen mancherlei Art gefunden; wir glauben daher, uns hier damit begnügen zu müssen, dasselbe zu erwähnen, und auf die Beschreibung der Bessemer'schen Patente (Dingler's polytechnisches Journal CXLI. S. 423, und CXLIII. S. 97) zu verweisen.

Zur Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen nach dem ältern Verfahren eignet sich das weiße Roheisen besser als das graue. Hat man daher graues Roheisen, so sucht man dasselbe vorher in weißes umzuwandeln (Weißmachen, Weißen). Dies kann geschehen:

1) durch bloßes Abschrecken des aus dem Hohofen gewonnenen Roheisens, indem man es, wenn es die Formen gefüllt hat, in glühendem Zustande mit Wasser begießt. Da aber hier die Umwandlung vorzugsweise nur an der Oberfläche erfolgt, so ist diese Methode ziemlich unvollkommen;
2) durch Scheibenreißen oder Blattelheben. Das Roheisen wird aus dem Hohofen in eine tiefe Grube, gewöhnlich von elliptischem Querschnitt, geleitet und an der Oberfläche, während es noch flüssig ist, mit kaltem Wasser begossen. Hierdurch erstarrt die Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe, während darunter das Eisen noch flüssig bleibt. Nun reißt man die erstarrte Scheibe ab und gießt auf das darunter befindliche flüssige Eisen von Neuem Wasser. Der Vorgang dauert etwa eine Minute und wird dann wiederholt,

und man fährt in der Operation fort bis man sämmtliches Roheisen in Gestalt von Blatteln von 25 bis 50 Pfund abgehoben hat, welche dann durch mäßiges Glühen unter Zutritt der Luft in besondern Herden (Bratherden) während 10 bis 12 Stunden ihres Kohlenstoffgehaltes noch mehr beraubt werden;

3) durch Granuliren, oder Körnen. Man läßt das flüssige Roheisen aus dem Hohofen in einem dünnen Strahle in Wasser fließen, welches durch Umrühren stark bewegt wird. Das Eisen zertheilt sich in Körner, welche weißes Roheisen enthalten;

4) durch Hartzerrennen und darauf folgendes Scheibenreißen. Das Roheisen wird unter Zutritt der Luft in einem besondern Ofen (Hartzerrennherd) umgeschmolzen, wobei man besonders das Silicium und den Mangangehalt zu entfernen sucht, und demnächst nach Nr. 2. in Blatteln abgehoben;

5) durch Feinmachen, Raffiniren. Man schmelzt das Eisen unter Anwendung eines Windstromes in besondern Oefen (Feineisenfeuern), wobei man den mechanisch beigemengten Kohlenstoff zu verbrennen sucht, und das Eisen in chemische Kohlenstoff-Eisen-Verbindungen (Vergl. §. 14.) umzuwandeln strebt, um auf diese Weise weißes Roheisen von möglichst geringem Kohlenstoffgehalt zu gewinnen. (Näheres s. §. 17.)

§. 16.

Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen durch Adouciren. Schmiedebarer Eisenguß.

Das erste Verfahren, nämlich das Anlassen oder Adouciren, hatte anfänglich nur den Zweck, gußeiserne Gegenstände, welche durch plötzliches Abkühlen an der Oberfläche hart und spröde geworden sind, wieder weich und zur Bearbeitung geschickt zu machen. Man braucht nur nach §. 14. dergleichen Gegenstände, welche sich an der Oberfläche in weißes Gußeisen verwandelt hatten, zu erhitzen und unter Zutritt der Luft langsam erkalten zu lassen. Wenn man dagegen das Gußeisen beim Erkalten vor dem Zutritt der Luft schützt und noch mit einem Mittel umgiebt, welches sauerstoffhaltig und so beschaffen ist, daß es diesen Sauerstoff leicht an den Kohlenstoff des Roheisens abgeben kann, so wird das Roheisen, freilich zunächst nur an der Oberfläche, einen Theil des Kohlenstoffes verlieren und in den Zustand des Schmiedeeisens übergehen.

Sind die so behandelten Gegenstände dünn genug, und wird die Operation mit der nöthigen Umsicht und Geschicklichkeit vorgenommen, so können sie fast durchweg in Schmiedeeisen umgewandelt werden. Der Kohlenstoff des Roheisens und der Sauerstoff des umgebenden Mittels entweichen bei dieser Operation als Kohlenoxydgas. Als dergleichen Einhüllungsmittel wendet man vorzugsweise Eisenoxyd, oder Eisenoxydul an, oder auch die Verbindung beider, das Eisenoxydul-Oxyd.

Das zu dieser Operation am meisten geeignete Roheisen ist weißes Roheisen von möglichst geringem Kohlenstoffgehalt, also ein Roheisen, welches sonst zu Eisengußwaaren nicht geeignet ist. Die gegossenen Gegenstände werden

mit den zur Entkohlung bestimmten fein gepulverten Substanzen (dem Cementirpulver) vollkommen umhüllt in gußeisernen Tiegeln eingeschichtet. Man nimmt zu diesem Cementirpulver*) Hammerschlag (Eisenoxydul-Oxyd) oder gepulverten Rotheisenstein, namentlich den Blutstein (Eisenoxyd) oder auch gerösteten und zerfallenen Spatheisenstein. Dieses Cementirpulver wird mit gesättigter Kochsalzauflösung bis zu vollständiger Befeuchtung, und zwar nach dem Einsetzen in die Tiegel, übergossen, worauf man obenauf eine Lage trockenen Pulvers bringt. Die Tiegel haben 12 Zoll Höhe und 6 Zoll Durchmesser. Nachdem die Tiegel mit dem befeuchteten Pulver bei einer gewöhnlichen Ofenwärme vollständig getrocknet sind, setzt man sie in thönerne Tiegel ein, füllt den Zwischenraum zwischen beiden Tiegeln mit Kohlenklein aus und kittet einen Deckel aus feuerfestem Thon auf den äußern Tiegel. Bis zu zwanzig solcher Tiegel, jeder 30 bis 40 Pfund Eisenguß enthaltend, werden mit einander in einen Flammenofen gesetzt und der Glühhitze unterworfen. Nachdem man vom Anheizen an gerechnet 72 bis 120 Stunden gefeuert hat, wobei man in den letzten 36 Stunden die Glühhitze ziemlich constant erhalten hat, läßt man den Ofen 48 Stunden lang abkühlen, nimmt die Tiegel heraus und entleert sie, nachdem sie vollständig erkaltet sind, ihres Inhaltes.

Das so gewonnene Produkt pflegt man als hämmerbares Gußeisen zu bezeichnen, besser aber nennt man es hämmer- oder schmiedebaren Eisenguß, da es in der That nicht mehr Gußeisen, sondern Schmiedeeisen geworden ist, wiewohl der Kohlenstoffgehalt im Allgemeinen und namentlich bei dicken Stücken gewöhnlich noch etwas größer ist, als im guten Schmiedeeisen.

Durch die Operation des Adoucirens, oder, wie man diese Operation auch nennt: des Cementirens von Gußeisen wird die chemische Beschaffenheit sehr wesentlich geändert. Untersuchungen hierüber sind von W. A. Miller angestellt und in dem Report of the 18the meeting of British association p. p. mitgetheilt worden**). — Das Erz, aus welchem das von Miller untersuchte Eisen hergestellt worden war, ist der braune Blutstein von Lancashire, aus der Nachbarschaft von Ulverstone.

Die Gegenstände, welche in schmiedbaren Eisenguß verwandelt werden sollten, waren aus weißem, mit Holzkohlen erblasenen Roheisen, von sehr hartem und krystallinischem Gefüge. Sie wurden, um sie umzuwandeln, in gepulverten Blutstein eingebettet und einige Stunden lang der Rothglühhitze ausgesetzt, wobei der Kohlenstoff allmählig entfernt wurde. Das entstandene Eisen war zäh und hämmerbar, und ließ sich sowohl kalt als warm strecken. Durch die Cementation und das darauf folgende Schmieden erhöhte sich das spezifische Gewicht des Eisens, indem das weiße Roheisen vor der Operation ein spezifisches Gewicht von 7,684, dagegen das erzeugte Schmiedeeisen ein spezifisches Gewicht von 7,718 zeigte. Außer dem Gehalte an Kohlenstoff wird auch der an Silicium wesentlich vermindert, wiewohl auch Miller fand,

*) Mech. Techn. I. S. 100.

**) Vergl. Polytechnisches Centralblatt 1851, S. 59. welches dieselben durch das Journal für praktische Chemie, Band 50, S. 413 bringt.

daß beide Körper noch in größerer Menge vorhanden blieben, als sie in gutem Stabeisen vorkommen; ferner folgerte der Experimentator aus seinen Versuchen, daß die Verminderung an Kohlenstoff-Gehalt durch die Cementation nur auf solchen Kohlenstoff sich beziehe, welcher in dem weißen Roheisen chemisch gebunden war, da der mechanisch eingemengte Kohlenstoff, welcher durch seine Unlöslichkeit in Säuren zu erkennen ist, nach der Cementation sich fast in derselben Menge zeigte, als vor derselben. Die Analyse des Eisens vor und nach der Cementation ergab in 100 Theilen des untersuchten Materials:

	vor dem Cementiren,	nach dem Cementiren
Gebundener Kohlenstoff	2,217	0,434
Freier „	0,583	0,446
Gesammtgehalt an Kohlenstoff	2,800	0,880
Silicium	0,951	0,409
Aluminium	Spur	Spur
Schwefel	0,015	0,000
Phosphor	Spur	Spur
Sand	0,502	0,000
Eisen	96,232	98,721
	100,000	100,000

Nach einer andern Angabe, welche Karmarsch am angeführten Orte mittheilt, vermindert sich der Kohlenstoff eines weißen Roheisens von 3,17 Procent auf 0,17 Procent, und durch Wiederholung der Operation des Adoucirens sogar auf 0,04 Procent.

Die gegossenen Stücke lassen sich nach der Cementation nicht nur in kaltem und in glühendem Zustande biegen, selbst ziemlich gut schweißen, sondern sie lassen sich auch leicht feilen und nehmen eine gute Politur an. Wegen ihres im Vergleich zu gutem Schmiedeeisen reicheren Kohlenstoffgehaltes, haben sie einige Eigenschaften des Stahls, wenn auch in geringerem Grade als der eigentliche Stahl; so lassen sie sich durch Glühen und Ablöschen ziemlich gut härten. Wenn man die Entziehung des Kohlenstoffgehaltes nicht so weit, als oben angegeben, fortsetzt, vielmehr die Operation in einem geeigneten Zeitpunkt unterbricht, so bekommt man ein Produkt, welches von eigentlichem (wenn auch mittelmäßigem) Stahl kaum zu unterscheiden ist, und welches sich zu schneidenden Werkzeugen sehr wohl eignet. Man fabrizirt auf diese Weise billige Scheeren, Messer, selbst Rasirmesser. Ein solches gegossenes und stahlartig adoucirtes Rasirmesser enthielt nach Karmarsch 2,17 Procent Kohlenstoff.

Zur Darstellung des Schmiedeeisens in Stäben und Stangen zum Zweck der weitern Verarbeitung, ist das Verfahren des Adoucirens nicht geeignet, theils weil es zu theuer werden würde, theils auch, weil die Verwandlung des Eisens nur von der Oberfläche aus allmählig nach dem Innern vorschreitet, und folglich bei stärkern Stücken kein gleichmäßiges Gefüge liefert. Dagegen stellt man in der beschriebenen Weise eine Menge kleinere Gegenstände, die man früher nur schmieden konnte, her, z. B. außer den genannten Schneidewerkzeugen noch Schlüssel, Riegel, Schraubenschlüssel und Kluppen zum Schraubenschneiden, Haken, Lichtscheeren,

Schnallen, Steigbügel, Bügel zu Vorlegeschlössern, Pferdegebisse, Thürdrücker, Spindeln zu Spinnmaschinen, Korkzieher, und mancherlei Gegenstände zum Gebrauch in der Hauswirthschaft.

§. 17.

Feinmachen und Puddeln des Roheisens.

Die in §. 15 (S. 77) angeführte zweite Methode der Darstellung des Schmiedeeisens umfaßt den sogenannten Puddelprozeß.

Zum Puddeln wählt man immer weißes Roheisen; hat man graues Roheisen, so muß man, wenn man gutes Schmiedeeisen gewinnen will, dasselbe in weißes Roheisen umwandeln, indem man dasselbe am besten durch Feinmachen (§. 15, S. 77) vorbereitet.

Die Roheisensorten lassen sich nach der Reihenfolge, wie sie sich am besten zum Umwandeln in Schmiedeeisen eignen, etwa folgendermaßen classificiren:

a) weißes Roheisen, bei schweren Gichten erblasen,
b) graue Flossen (Barren) von lockerem, zelligem Gefüge, sowie Brucheisen aus einem Kupol- oder Tiegelofen,
c) geflecktes (halbirtes) Roheisen,
d) locker krystallisirtes und blättriges weißes Roheisen,
e) feinkörniges, bei Kokes erblasenes graues Roheisen,
f) am schlechtesten geeignet sind: graue Roheisenflossen, von dichtem Gefüge und stark krystallinischem Bruch, namentlich solche, die bei Kokes oder bei Steinkohlen mit heißer Luft erblasen sind.

Immer bleibt das Feinmachen eine sehr wichtige vorbereitende Operation, welche wir daher hier näher beschreiben wollen.

Fig. 3 auf Tafel II. stellt die Skizze eines Fein-Eisenfeuers dar und zwar Fig. 3^a die Vorderansicht, Fig. 3^b den Grundriß, Fig. 3^c den Vertikalschnitt nach der Linie 1—2 im Grundriß, Fig. 3^d bis 3^h Details der einzelnen Theile. Die drei Hauptfiguren sind in $1/_{50}$ der wirklichen Größe, die Details in $1/_{25}$ der wirklichen Größe gezeichnet. Dasselbe hat sechs Düsen, auf jeder Seite drei, zur Einführung des Windstromes. A A A A sind vier gußeiserne Säulen, die auf der eingemauerten Grundplatte R R stehen; auf ihnen ruhen die Querbalken D D, welche den Schornstein C von 16 bis 18 Fuß Höhe, dessen Rauchmantel etwa 4 Fuß über dem Herde beginnt, tragen; B B sind die gußeisernen Seitenplatten des Schmiedefeuers; S ist der Herd, welcher durch die Wassertröge b b an den beiden Formseiten, und durch den Wassertrog a an den Rückseiten begrenzt wird, während die vierte Seite, von welcher das Abstechen des Eisens geschieht, durch eine einfache Eisenplatte f gebildet wird; L ist die Gießplatte, in welche das geschmolzene Eisen fließt, und b′ b′ sind Wasserbehälter, in denen sich sowohl das aus den Trögen b b, als auch das aus den Bassins K K, die zum Kühlen der Formen dienen, abfließende Wasser sammelt, und welche zugleich zur Abkühlung der Arbeits-Geräthschaften benutzt werden. Durch kleine Röhren k werden die Behälter b b stets mit frischem kaltem Wasser ver-

sehen, während durch die kleinen Röhren k′ k′ der Abfluß stattfindet; in ähnlicher Weise dienen die Röhren e e dazu, um das Wasser aus den Behältern K K mittelst der Hähne r r nach den Formen t t zu leiten, während die Röhren e′ e′ das gebrauchte Wasser von den Formen nach den Trögen b′ b′ abführen.

P P sind die gußeisernen Formplatten, welche auf den Seitenwänden des Wasserbehälters b b ruhen und mit den Seitenplatten B B verschraubt sind.

F F sind Platten zum Schutze der Arbeiter gegen die strahlende Wärme des geschmolzenen Eisens.

Fig. 3[d] ist ein Längenschnitt, 3[e] eine Endansicht und 3[f] eine obere Ansicht des Windkastens G, die punktirten Kreise sind die Oeffnungen H, durch welche der Wind in die Windleitungsröhren M, und demnächst durch die Düsen m in den Herd gelangt. Durch den Ventilhebel p kann der Windstrom, welcher gewöhnlich von dem Hohofengebläse entnommen wird, von dem Arbeiter regulirt werden.

Fig. 3[g] ist die Stellvorrichtung dieses Hebels, durch welche die Lage des Ventils J bestimmt wird.

Fig. 3[h] endlich ist ein Querschnitt von der Gießplatte L.

Der Herd wird vorne durch die Schlackenplatte (Abstichplatte) geschlossen, welche sich gegen die beiden Form-Wasserkasten b b lehnt, und in den Fugen mit Thonmörtel gedichtet ist; sie wird durch die beiden Backenplatten g g festgehalten, auf welchen zugleich die Vorherd-Deckplatte ihr Auflager erhält. Diese Backenplatten haben vorn einen schrägen Einschnitt, in welchem eine horizontale Eisenstange h h liegt, die zum Auflegen für den Abstichspieß dient, mit welchem das Abstichloch o in der Schlackenplatte beim Ablassen des Feineisens geöffnet wird.

Die ältern Feineisenfeuer hatten nur drei Düsen auf einer Seite; gegenwärtig wendet man fast überall auf beiden Seiten Düsen an, und zwar im Ganzen 4 bis 6.

Das verwendete Eisen wird in Flossen oder Barren von 100 bis 120 Pfund eingesetzt. Die geeignetsten Kokes sind durch die Art des Roheisens bedingt; ist letzteres Spiegeleisen, so nimmt man festen und schweren Kokes. Leicht brüchige und erdige Kokes sind im Allgemeinen nicht brauchbar.

Die Herdsohle ist in Fig. 3[e] durch s bezeichnet; sie ruht auf feuerfestem Ziegelmauerwerk S, oder auf feuerfestem Sandstein, und ist durch eine 4 bis 5 Zoll starke Lage von festgestampftem Quarzsande gebildet.

Nach dem ersten Schmelzen durchdringt sich diese Sandlage mit halb geschmolzenem Metall, und wird dadurch außerordentlich hart und feuerfest. Wenn sie ersetzt werden soll, so begießt man sie im glühenden Zustande mit Wasser, wodurch sie zerspringt, und sich leicht entfernen läßt. Das darin enthaltene Eisen sucht man wieder zu verwerthen.

Die nächste Absicht des vorzunehmenden Verfahrens ist, das Eisen zu schmelzen, dann demselben den Kohlenstoff-Gehalt theilweise zu entziehen. Man setzt zu diesem Zweck zuweilen Hammerschlag hinzu.

Die Gießplatte, welche im Allgemeinen eine beliebige Form haben kann,

sollte doch immer so lang gemacht werden, daß der Inhalt einer Schmelzung (etwa 30 Centner), wenn er abgestochen wird, nicht stärkere Tafeln als etwa von $1^1/_2$ bis 2 Zoll Dicke liefert. Die Breite beträgt gewöhnlich 3 Fuß. Sobald das Metall sich auf der Gießplatte befindet, wird reichlich Wasser darauf gegossen, damit die Schlacken, welche mit herauslaufen und die Oberfläche bedecken, leicht sich davon trennen lassen. Die gegossene Tafel wird dann für das weitere Verfahren in Stücke zerbrochen. Damit das geschmolzene Eisen nicht an der Gießplatte haften könne, bestreicht man dieselbe vorher mit einem Lehmbrei.

Das Verfahren beim Feinmachen ist folgendes:

Nachdem der Herd mit Kokes gefüllt ist, legt man darauf etwa 6 Flossen von je 100 bis 120 Pfund, von denen 4 den vier Seiten parallel, die beiden andern quer darüber geordnet werden; man bedeckt dieselben mit einem Haufen Kokes und bringt das Feuer in Gang. Nach Verlauf von etwa 15 Minuten wird das Gebläse angelassen, die abgebrannten Kokes nach Erfordern durch neue ersetzt, ebenso das zusammengeschmolzene Eisen, welches sich auf der Herdsohle ansammelt, indem man neue Flossen in den Herd einsetzt und dieselben mit Kokes bedeckt. Dies wird so lange fortgesetzt, bis die geschmolzene Eisenmasse 30 bis 40 Centner beträgt, was in 2 bis $2^1/_2$ Stunden erreicht ist.

Das herabgeschmolzene Eisen wird nicht gerührt, oder aufgebrochen, sondern durch eine in der Vorderplatte befindliche Abstich-Oeffnung auf die Gießplatte gelassen. Bei der Operation muß man Sorge tragen, daß das Roheisen weder zu viel noch zu wenig verändert werde, was namentlich von der richtigen Führung und Regulirung des Windstromes abhängt.

Wenn das Eisen beim Abstechen wenig Funken sprüht, und nach dem Abkühlen sein Gefüge nicht wesentlich verändert hat, so ist es nicht genug gefeint, und der nachfolgende Puddelprozeß ist schwer und langwierig. Wenn dagegen das Eisen eine sehr lebhafte Funken-Entwickelung zeigt, die so stark ist, daß die Funkenmenge eine Art von Flamme zu bilden scheint, welche einen weißen Dampf verbreitet, so ist der Feinprozeß schon zu weit gediehen, und es hat eine theilweise Umwandlung in Schmiedeeisen begonnen, und der Puddelprozeß wird dadurch noch mehr erschwert, als im ersten Falle.

Diese Verhältnisse sind größtentheils durch die Menge des Windes bedingt, welche wirksam gewesen ist. Dieselbe muß sich sowohl nach der Beschaffenheit des Roheisens, welches gefeint werden soll, als auch nach der Beschaffenheit des Brennmaterials richten.

Für Roheisen, welches bei Holzkohlen erblasen ist, erfordert jede Düse in der Minute etwa 200 bis 250 Kubikfuß Wind, bei einem Ueberdruck von etwa zwei Pfund über den Atmosphärendruck. Für Roheisen, welches bei Kokes erblasen ist, kann man mit Erfolg die Windmenge auf 300 Kubikfuß und den Druck auf $2^1/_4$ Pfund Ueberdruck steigern.

Bei dieser Windmenge kann ein Feineisenfeuer, wie wir es oben beschrieben haben, in jeder Stunde etwa 20 Centner Eisen raffiniren. In 24 Stunden ergiebt dies, mit Einrechnung der Zeit zum Einsetzen und Abstechen, etwa 400 Centner, oder so viel, als zwei ziemlich große Hohöfen täglich zu liefern im Stande sind.

Der Verlust an Eisen darf nicht mehr als 12 bis 17 Procent des eingesetzten Roheisens betragen. Der Verbrauch an Kokes beläuft sich auf höchstens 20 bis 30 Procent der Gewichtsmenge des eingesetzten Eisens.

Das erhaltene Produkt ist ein sehr weißes Eisen, von fasrigstrahligem Gefüge, zuweilen im Bruch mit vielen kleinen zellenförmigen Höhlungen oder Blasen versehen. Man bezeichnet es gewöhnlich als Feinmetall.

Das Feinmetall, welches in Stücke zerschlagen wird, gelangt nun zum Puddelofen, um in Schmiedeeisen verwandelt zu werden.

Die Puddelöfen sind nach Art der Flammöfen construirt; Taf. II. Fig. 1 stellt einen Puddelofen dar, wie solcher auf den Hütten zu Charenton und zu Creuzot in Anwendung ist, und zwar zeigt Fig. 1^a die Vorder-Ansicht mit der Esse, Fig. 1^b den Horizontalschnitt nach der Linie 1—2—3—4 in Fig. 1^c und Fig. 1^c einen Längenschnitt nach der Linie 5—6 in Fig. 1^b, sämmtliche Figuren in $1/_{40}$ der natürlichen Größe.

Die Esse D wird von zwei Balken B B von Gußeisen, auf denen zwei Platten C C liegen, getragen; diese ruhen auf vier gußeisernen Ständern A A, welche auf einem festen Fundamente stehen. Zwischen diesen Trageständern sind starke Pfeiler D in der Richtung der vordern und hintern Längenwand des Ofens von gewöhnlichen Mauerziegeln bis zur Höhe der Trageplatten B B aufgeführt, so daß die zwischen denselben von feuerfesten Steinen aufgeführten untern Theile des Essenfutters R R auf der dem Ofen entgegengesetzten Seite der Esse, sowie auf der dem Ofen zugewendeten Seite (über dem Ofengewölbe) frei stehen, um deren Abkühlung durch die äußere Luft zu bewirken, und sie dadurch vor der zu starken Erhitzung zu schützen. Zugleich gewährt diese Anordnung den Vortheil, daß der untere Theil des Essenfutters, welcher am stärksten durch die Hitze angegriffen wird, sich ohne Schwierigkeit erneuern läßt. Oben ist auf dem Essenschacht D ein gußeiserner Rahmen befestigt E, auf welchen die Verschlußplatte F sich auflegen kann, um den Schornstein ganz abzuschließen. Zur Regulirung des Luftzuges dient der zweiarmige Hebel d c e, welcher durch die Kette e von unten her bewegt werden kann. Die Esse wird stets unabhängig von dem Ofen ausgeführt, und der Stabilität wegen mittelst eiserner Anker a a zusammengehalten.

Das Rauhgemäuer (Umfassungsmauer) des Ofens N N besteht aus gewöhnlichen Ziegeln; die innere Mauerung aber O O aus sehr guten feuerfesten Steinen, ebenso das Deckengewölbe V. Die äußern Langseiten des Ofens sind mit gußeisernen Mantelplatten eingefaßt G G, welche unten in das Fundament eingreifen, und an den Stößen mit gußeisernen Ankerplatten M M überdeckt sind, die mittelst schmiedeiserner Bolzen verankert werden; ähnliche Ankerplatten und Bolzen verankern die Stirnseiten des Ofens mit einander. Die gußeiserne Thürzarge K K, welche auf der Sohlplatte P steht, wird durch die benachbarten Ankerplatten festgehalten. Die Arbeitsthür P ist von innen mit feuerfesten Steinen ausgemauert, und mittelst eines (hier nicht gezeichneten) Hebels mit Gegengewicht beweglich; sie enthält unten die Oeffnung zum Einbringen der Arbeitsgeräthe. Das Schürloch T, welches sich nach außen erweitert, ist während

der Arbeit durch Steinkohlen verstopft. In der hintern Stirnmauer ist dicht über dem Rost eine gußeiserne Platte o, um die Mauer über der Rostöffnung zu tragen. Die Platte h dient zur Verankerung dieser Mauer. In dieser Platte h befinden sich kleine Oeffnungen, durch welche man die Eisenstangen, welche zum Bilden der Luppe dienen, behufs des Vorwärmens hindurch steckt.

Die gußeiserne Herdplatte S S, welche dem eigentlichen Frischherd zur Grundlage dient, liegt in den Seitenwänden des Ofens und in dem Mauerwerk unter der Feuerbrücke; sie ist hier in Form eines Doppeltrapezes aus einem Stück gegossen; sie liegt unten ganz frei.

Der Herd des Puddelofens ist gewöhnlich 5 bis 7 Fuß lang, 3 bis 4 Fuß breit. Die Grundlage desselben ist entweder eine starke eiserne Platte, oder eine Pflasterung aus Mauerwerk. In beiden Fällen wird dieselbe mit einer Lage von etwa 3 bis 5 Zoll Dicke, die aus gepochten Schlacken und Lehm, oder aus Hammerschlag und Lehm fest eingestampft ist, bedeckt. Zuweilen macht man die Herdsohle aus reinem Quarzsande, doch hat dies den Nachtheil, daß sich derselbe mit einem Theil des Eisens verschlackt und dadurch Verluste an Eisen herbeiführt. In andern Fällen besteht die Herdsohle nur aus reinen Schlacken. Die Herdsohle ist nach der Mitte hin etwas vertieft, so daß sie eine sehr flache Mulde bildet. Wenn die Lage, welche die Herdsohle bilden soll, eingestampft ist, so schmelzt man die Masse durch scharfes Feuer zusammen und glättet sie ab.

Das Gewölbe des Ofens ist flacher, als bei den Flammöfen zum Eisenschmelzen, und bleibt über der ganzen Länge des Ofens ziemlich horizontal, dagegen neigt es sich ziemlich stark am Ende des Ofens nach der dort befindlichen etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll hohen Brücke, dem Altar (Schlackenbrücke), welche die Begrenzung des Herdes bildet. Dies hat den Zweck, die über den Altar abfließenden Schlacken zu erhitzen und flüssig zu erhalten. Hinter dem Altar befindet sich der Schornstein und in dessen unterm Theil die Schlackengrube. Der Schornstein ist gewöhnlich 40 bis 50 Fuß hoch.

An der Seitenwand des Ofens befindet sich eine Oeffnung, welche durch eine mit feuerfestem Thon beschlagene Fallthür verschlossen werden kann. Diese Oeffnung dient zum Ein- und Ausbringen des Eisens. In der Fallthür befindet sich eine zweite kleine Oeffnung, durch welche der Puddler das Eisen wendet, bearbeitet und zusammenballt.

Die wesentlichsten Bedingungen, welche ein Puddelofen zu erfüllen hat, sind folgende:

1) daß man eine so große Hitze darin erzielen könne, daß das Metall allenfalls zum vollkommenen Schmelzen gebracht werden könne;
2) daß die Hitze, in welchem Grade sie auch immer angewandt werden möge, über den ganzen Herd des Ofens gleichmäßig sich vertheilen lasse;
3) daß sich in den Flammen kein unverbrannter Kohlenstoff befinde, welcher mit dem zu puddelnden Eisen in Berührung oder in Verbindung kommen kann, da dieses Eisen schon an und für sich überflüssigen Kohlenstoff enthält;
4) daß das zu puddelnde Eisen nicht einer gar zu lebhaften oxydirenden

Wirkung der durch den Rost einströmenden Luft ausgesetzt werde. Dies gilt namentlich, wenn man Feinmetall puddelt.

Das geeignetste Brennmaterial für den Betrieb der Puddelöfen sind bituminöse Steinkohlen. In Amerika hat man mit Erfolg auch Anthracite verwendet; Holzkohlen und Holz, welche man gleichfalls angewendet hat, haben jedoch weder einen geringern Verlust an Eisen, noch ein besseres Produkt an Schmiedeeisen geliefert, und sind daher wegen ihrer Kostspieligkeit nicht im Gebrauch. Dagegen hat man in neuerer Zeit vielfach gelungene Versuche zur Verwerthung des Torfs zum Puddeln des Eisens gemacht. Der Torf, meist noch gemengt mit Holz, Tannzapfen u. s. w., wird in einem besondern Behältniß, welches von außen nachgefüllt werden kann, verkohlt; die dabei entweichenden Gase werden in den Puddelofen geleitet und gelangen dort, meist unter Einwirkung erhitzter Luft und oft mit Anwendung eines schwachen Dampfstromes zur Verbrennung. Die zum Verkohlen des Torfs, zur Erhitzung der Luft und zur Erzeugung des Dampfes nöthige Hitze wird von der heißen Luft, welche bereits über den Herd des Puddelofens gestrichen ist, und die daher ihre verkohlende Wirkung bereits ausgeübt hat, bevor sie in den Schornstein entweicht, abgegeben.

Ueberhaupt macht man die heiße, durch den Puddelofen gegangene Luft noch sehr oft und mit sehr günstigem Erfolg dadurch nutzbar, daß man sie, bevor sie in die Esse gelangt, zur Heizung von Dampfkesseln verwendet.

Bevor das Eisen eingebracht wird, giebt man dem Ofen volle Rothglühhitze, vorzugsweise um den Verlust an Eisen zu vermeiden, welcher durch starke Orydation entstehen würde, wenn man das Eisen in den kalten Ofen einsetzen und mit demselben zugleich erhitzen wollte.

Hierauf wird das in Stücke zerbrochene Roheisen eingesetzt und zu beiden Seiten des Herdes bis fast unter das Gewölbe des Ofens aufgestapelt. Die Stücke sollten nicht größer als etwa im Gewicht von 25 Pfund jedes einzelne sein; je kleiner sie sind, desto besser ist es im Allgemeinen. Zuweilen ist das eingesetzte Roheisen in einem besondern, hinter dem Puddelofen befindlichen und durch dessen Flammen geheizten Ofen vorgewärmt und wird warm eingebracht; in den meisten Fällen setzt man die Eisenbrocken, ohne sie vorzuwärmen, in den Ofen. Die ganze Ladung eines Ofens beträgt im Durchschnitt 300 bis 400 Pfund.

Nach Einbringung des Eisensatzes wird die Schornsteinklappe geöffnet, die Hitze gesteigert und der Ofen in Gluth gesetzt; dies währt etwa 15 Minuten lang, bis das Eisen anfängt weich und knetbar zu werden. Bei heiß eingesetztem Eisen ist dieser Zustand oft schon nach 10 Minuten, bei sehr kalt eingesetztem Eisen zuweilen erst nach 20 Minuten erreicht.

Der Puddler fühlt diesen Zustand durch Behandeln des Eisens mit der Arbeitsstange, auch zeigt er sich der Betrachtung dadurch, daß die hervorragenden Ecken und Kanten des Eisens anfangen zu schmelzen und auf den Herd herabzutropfen.

Sobald das Eisen den angegebenen Grad von Weichheit besitzt, beginnt der Puddler seine mühevolle und sorgsame Arbeit, nachdem vorher die Hitze dadurch ermäßigt ist, daß er durch die Schornsteinklappe den Luftzug vermindert hat.

Das Eisen wird mit einem durch die kleine in der Fallthür befindliche Oeffnung eingebrachten hakenförmigen Instrument fortwährend durchgearbeitet, um den Kohlenstoff zu verbrennen. Indem der Kohlenstoff entweicht, wird die Masse steifer und zäher; das Durcharbeiten derselben muß aber fortgesetzt werden, wobei man die schon oxydirten Theile mit denjenigen in Berührung bringt, welche noch Kohlenstoff enthalten, damit jene wieder reducirt, diese entkohlt werden. Hierbei muß der Puddler sorgfältig darauf achten, daß das Eisen nicht zu stark sich mit dem Sauerstoff der darüber fortstreichenden Luft verbindet, wodurch es mürb und brüchig wird; dies bezeichnen die Arbeiter mit einem sehr richtigen Ausdruck „Verbrennen des Eisens".

Zuweilen wird während des Puddelns das Eisen so dick und zähe, daß es sich gar nicht mehr zertheilen und durcharbeiten läßt. In diesem Fall muß die äußere, durch die Arbeitsöffnung eintretende Luft abgesperrt, die Schornsteinklappe wieder gelüftet und die Hitze gesteigert werden, wodurch das Eisen wieder mehr in in Fluß gebracht wird. Wenn dieser Uebelstand nicht eintritt, folgt auf diesen zäheren und verdickten Zustand des Eisens in kurzer Zeit ein solcher, der einem Kochen und Wallen der Eisenmasse ähnlich ist, und der bald mehr bald weniger deutlich ausgeprägt erscheint; das in der Eisenmasse sich bildende Kohlenoxydgas durchbricht die Oberfläche und entweicht, indem es mit blauen Flammen brennt, wobei das Eisen anschwillt und oft die ganze Masse in Flammen zu stehen scheint. Diese Erscheinungen vermindern sich allmählig und hören endlich ganz auf. Während dieser Zeit tritt ein neuer Zustand des Eisens ein. Dasselbe wird wieder leichter zu bearbeiten, es wird kurz und ist geneigt in kleine Stücke zu zerbrechen; der Arbeiter bezeichnet diesen Zustand als „Trockenheit des Eisens".

Sobald der letzte Kohlenstoffgehalt, so weit dies überhaupt möglich ist, entwichen ist, zeigt sich dies durch einen lebhaften Glanz des Eisens, woran man erkennt, daß es nun schmiedbar geworden ist, oder, wie man sich ausdrückt: „Gefüge bekommen hat" (comed to nature). Noch 4 bis 5 Minuten wird das Puddeln fortgesetzt, wobei die Trockenheit des Eisens zunimmt, das schmiedbare Eisen in Klümpchen und Brocken auseinanderfällt, da die Hitze zum Zusammenschweißen dieser Partikeln nicht hinreichend groß genug ist. —

Diese größere Hitze herbeizuführen, ist die nächste Aufgabe. Die Temperatur, welche man von dem ersten Augenblick, wo das Eisen weich und breiartig wurde, bis jetzt so gleichförmig als möglich erhalten hatte, wird plötzlich lebhaft gesteigert bis der Puddler nach seiner Erfahrung beurtheilt, daß der richtige Zeitpunkt eingetreten ist, wo er mit dem Sammeln und Schweißen der einzelnen Eisenbrocken beginnen kann. Wenn der Arbeiter dies Geschäft zu früh beginnt, so findet das Schweißen unvollkommen statt, wenn er es dagegen zu lange aufschiebt, so bleiben die Eisenbrocken unabhängig und widerstreben überhaupt der Vereinigung durch Schweißen. Wenn der richtige Zeitpunkt gewählt worden, beginnt der Puddler mit der Eisenmasse, welche der Feuerbrücke am nächsten liegt, rollt dabei ein Klümpchen auf der Eisenmasse hin und her, bis sich die übrigen daran setzen und festschweißen, und formirt auf diese Weise, nach und nach von der Feuerbrücke nach dem Altar hinarbeitend, die ganze Eisenmasse in fünf oder

sechs Ballen (oder auch in noch mehr, wenn die Besetzung des Ofens dies erfordert); diese Ballen werden nach der Feuerbrücke hingezogen und dort aufgestellt. Wenn der letzte Ballen gemacht wird, rollt der Puddler denselben sorgfältig über die ganze Herdsohle, um alle zerstreute Körnchen Eisen aufzusammeln.

Die eben beschriebene Operation des Zusammenballens der Eisenbrocken, wird entweder in der Weise ausgeführt, daß der Puddler die ganze Eisenmasse von vornherein in möglichst gleichgroße Theile theilt und jeden für sich schweißt, oder indem er zuerst ein kleines Klümpchen über die ganze Herdsohle rollt und den Ballen in ähnlicher Weise formt, wie man Schneebälle zu rollen pflegt, nachdem ein Ballen geformt ist, wird ein zweiter und die folgenden gemacht. In beiden Fällen ist das Resultat dasselbe, und ebenso muß in beiden Fällen große Sorgfalt darauf verwendet werden, daß die Ballen gehörig gerundet und möglichst kompakt werden. Nachdem die Ballen gebildet sind, werden sie zur weitern Bearbeitung aus dem Ofen gezogen.

Das Verfahren Roheisen unmittelbar und ohne es vorher in Feinmetall umgewandelt zu haben, zu puddeln, unterscheidet sich von dem eben beschriebenen sehr wenig; die Arbeit dauert länger, und man setzt gewöhnlich noch Frischschlacken und Hammerschlag hinzu, um das Eisen leichter zu entkohlen.

Feinmetall kalt eingesetzt, erfordert etwa 1¼ bis 1¾ Stunden, bis es zu Ballen geformt worden ist; dasselbe vorgewärmt bedarf 10 bis 15 Minuten kürzere Zeit. Nicht gefeintes Eisen kalt eingesetzt bedarf etwa 2 bis 2½ Stunden. Man rechnet, daß in 24 Stunden bei der Verarbeitung von Feinmetall 14 bis 18 Operationen (Hitzen) gemacht werden können, bei Anwendung von nicht gefeintem Roheisen aber nur 8 bis 10 Hitzen. Jede Hitze hat einen Eisen-Einsatz von 3½ bis 4 Centner Feineisen und es wiegt daher jeder von den sechs Ballen, welche geformt werden, 60 bis 70 Pfund. Hiernach kann man in einem Puddelofen täglich circa 30 bis 60 Centner Eisen puddeln.

Der Verlust durch Abbrand und Verschlackung des Eisens während des Puddelns ist sehr wesentlich von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängig; indessen ist derselbe bei Feinmetall natürlich geringer, als bei nicht gefeintem Eisen. Genau läßt sich dieser Verlust nicht bestimmen, da das Eisen von dem Ofen sofort zu dem Hammer, dem Quetscher u. s. w. geht, und ein großer Theil des Gesammtverlustes bei dieser Bearbeitung erfolgt.

Im Allgemeinen rechnet man an Verlust:

beim Puddeln von Feinmetall	6	bis	10	Procent,
„ „ „ weißem Eisen	10	„	15	„
„ „ „ grauem „	17	„	20	„

Der Verbrauch an Kohlen ist ungefähr dem Gewicht nach eben so groß, als das in den Ofen eingesetzte Feinmetall, dagegen 1½ mal so groß als das Gewicht des Roheisens, wenn dasselbe nicht gefeint verarbeitet wird. Um jedoch diese beiden Verfahrungsarten mit einander zu vergleichen, muß man die Menge Kokes mit in Betracht ziehen, welche beim Feinmachen des Eisens verwandt worden. Diese wurde oben (S. 83) auf etwa 30 Procent des eingesetzten

Roheisens festgestellt, so daß also, wenn man 3 Centner Steinkohlen auf 2 Tonnen Kokes rechnet, der entsprechende Kohlenverbrauch 30 mal $^{2}/_{3}$ oder 45 Procent betragen würde, so daß der Gesammtverbrauch an Kohlen für beide Verfahrungsarten sich ziemlich gleichstellt. Der Gesammtverlust an Eisen ist beim Puddeln des nicht gefeinten Eisens geringer, und es läßt sich hiernach ermessen, daß das directe Puddeln im Allgemeinen billiger ist, als das Puddeln nach vorgängigem Feinmachen, dagegen liefert letztgenanntes Verfahren ein besseres Eisen als ersteres.

Mit dem Puddeln ist die chemisch-metallurgische Behandlung des Eisens abgeschlossen. Die Eisenballen kommen aus dem Puddelofen entweder unmittelbar unter schwere Hämmer, oder unter andere Maschinen, welche geeignet sind, dieselben zu quetschen und die mit eingeballten Schlacken auszupressen; man bedient sich dazu entweder eigenthümlich construirter Zangen (Quetscher) oder der sogenannten Luppenmühlen, oder der Walzen. Man nennt die Operation das Zängen der Eisenballen oder der Luppen. Man schmiedet dieselben entweder zu flachen viereckigen Platten, oder zu runden scheibenförmigen Kuchen aus.

Diese Platten werden dann entweder unmittelbar weiter unter Walzen oder Hämmern bearbeitet, oder sie werden, namentlich bei Eisensorten, welche eine größere Sorgfalt erheischen (wie z. B. Eisensorten, welche Radachsen oder Radreifen für Eisenbahnfahrzeuge liefern sollen), durch besondere Maschinen in Stücke zerschlagen, diese Stücke werden nach ihrer Beschaffenheit sortirt und dann setzt man solche Stücke, welche ein entsprechendes Gefüge besitzen, zu Packeten zusammen, welche in Schweißöfen zusammengeschweißt und demnächst unter Hämmern ausgeschmiedet, oder unter Walzen ausgewalzt werden.

Das eben erwähnte Sortiren des gepuddelten Eisens, namentlich des sogenannten Feinkorneisens, d. i. eines stahlartigen Schmiedeeisens, zu dem man besonders sorgfältig gefeintes Roheisen verwandt hat, ist ein sehr wichtiges Geschäft in der Eisenfabrikation und bedingt wesentlich die Herstellung eines vorzüglichen Schmiedeeisens. In den Fabriken, welche durch die Vorzüglichkeit ihres gepuddelten Schmiedeeisens bekannt sind, wird hierauf besondere Sorgfalt verwandt.

Zuweilen wendet man im Puddelprozeß künstliche Zusätze an, um das Roheisen zu verbessern; so führt Karmarsch*) an, daß man als ein Mittel, selbst aus dem schlechtesten Roheisen gutes Schmiedeeisen zu erhalten, einen Zusatz, bestehend aus 2 Theilen Braunstein, 3 Theilen Kochsalz und 12 Theilen Töpferthon, angegeben habe; von diesem Gemeng soll man dem Roheisen nach und nach 1 Procent des Roheisengewichtes beifügen. Außer diesen künstlichen Mitteln pflegt man nicht selten zur bessern Entkohlung des Eisens noch Eisenoxyd in mancherlei Gestalt, namentlich Frischschlacken (Hammerschlag), außerdem Manganoxyd, Sand und auch Wasser zuzusetzen. Von den Frischschlacken sind allein diejenigen brauchbar, welche sich bilden, nachdem das Eisen gehörig in Fluß gekommen ist und kurz bevor die Luppe herausgezogen wird.

*) Mech. Techn. I. S. 27.

Diese Schlacken sind sehr reich an Eisen und enthalten 80 bis 90 Procent magnetisches Eisenoxyd. Der Zusatz von Sand, als ein Mittel den Fluß des Eisens zu befördern, ist im Allgemeinen nicht zu empfehlen; dagegen wendet man mit Vortheil bei schwefelhaltigem Eisen als Zusatz möglichst reinen kohlensauren Kalk an. —

§. 18.

Darstellung des Schmiedeeisens durch den Frischprozeß.

Es bleibt nach §. 15 noch übrig dasjenige Verfahren zur Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen zu beschreiben, welches man vorzugsweise das Frischen, den Frischprozeß nennt.

Der Frischprozeß ist nächst der Darstellung des schmiedebaren Eisens unmittelbar aus den Metallen das älteste Verfahren und liefert im Allgemeinen ein vorzüglicheres Eisen, als das Puddeln. Da jedoch das Frischen in offenen Feuern mit Holzkohlen geschieht, so ist es theurer und geht bedeutend langsamer von statten, als das Puddeln. Dies ist der Grund, weshalb die Frischerei in offenen Feuern von dem Puddel-Verfahren immer mehr verdrängt wird.

Das Verfahren beim Eisenfrischen ist nach den Orten und Gegenden, wo es zur Anwendung gebracht wird, sehr verschieden. Karsten beschreibt in seiner „Eisenhüttenkunde" nicht weniger als 16 verschiedene Verfahrungsarten, von denen 11 mittelst einfacher und 5 mittelst zweifacher Schmelzung ausgeführt werden. Die Grundidee des Frischverfahrens ist in der deutschen Frischarbeit am deutlichsten dargestellt, welche im ganzen nördlichen Deutschland, einem großen Theil von Frankreich und auch in den Frischfeuern der vereinigten Staaten Nordamerikas, namentlich in Pennsylvanien die übliche ist.

Um mit Vortheil zu arbeiten, muß der Frischer die Eigenthümlichkeiten des zu verarbeitenden Roheisens genau kennen; die eine Sorte erfordert andere Handgriffe und Vorsichtsmaßregeln als die andere, und im Allgemeinen ist eine Mischung verschiedener Eisensorten besser, als eine bestimmt ausgeprägte Art des Roheisens.

Die Barren, welche zum Frischen bestimmt sind, müssen dünner und schwächer sein, als die zum Puddeln bestimmten, theils damit sie sich leichter zerbrechen lassen, theils auch, damit sie mit größerer Genauigkeit in ziemlich gleich große Stücke zertheilt werden können. Diese Stücke dürfen nicht zu groß sein, weil sie sonst einen Verlust an Brennmaterial bedingen, noch dürfen sie zu klein sein, damit sie nicht zu schnell in Fluß gerathen. Die Gewichts-Menge, welche man auf einmal einsetzt, richtet sich nach dem Material; sie beträgt im Durchschnitt 250 bis 300 Pfund. Die zum Frischen am meisten geeigneten Holzkohlen sind die von weichen Hölzern, namentlich von Tannenholz, von Kiefernholz, von Lärchenbaumholz und überhaupt von Nadelhölzern. Die Kohlen dürfen nicht in kleinere Stücke, als etwa von der Größe einer Faust zertheilt werden.

Die zum Frischen erforderliche Windmenge ist natürlich durch die Größe der Beschickung, durch die Art des Roheisens und des Brennmaterials bedingt; auch ist dieselbe in den einzelnen Stadien des Frischprozesses verschieden. Dieser

letzte Umstand erfordert, daß, abweichend von den Bedingungen beim Hohofenprozeß, hier die Windmenge unter fortwährender Kontrole des Arbeiters stehen muß. Weißes Roheisen verlangt im Allgemeinen einen stärkern Druck für den Wind, als graues Roheisen; obwohl dieser Umstand nicht sowohl durch die chemischen Verhältnisse beider Eisensorten bedingt wird, als vielmehr durch die praktische Gewohnheit, das graue Roheisen dem Blaserohr näher zu halten, als das weiße. Als ungefähre Angaben über die Windmenge mögen folgende gelten:

Während	des Schmelzens	sind	etwa	150	Kubikfuß
„	„ Aufbrechens	„	„	225	„
„	der Luppenbildung	„	„	275	„

Luft in der Minute erforderlich. Geschieht die Luppenbildung durch das sogenannte Anlaufenlassen, so erfordert diese Operation 400 Kubikfuß Luft in einer Minute.

Das Frischverfahren hat im Wesentlichen den Zweck, die Absonderung des Kohlenstoffes und des Kieselgehaltes aus dem Eisen durch Oxydation zu entfernen. Das zur Oxydation verwandte Mittel ist zunächst atmosphärische Luft, welche durch das Gebläse zugeführt wird. Das Eisen wird in einem nach Art der Schmiedefeuer construirten Herd, dem Frischherde zuerst geschmolzen, der Windstrom gegen die Oberfläche desselben gerichtet, und nun erfolgt zuerst an der Oberfläche durch den Sauerstoff der Luft die Entkohlung; zugleich bildet sich aber, und dies ist sehr wesentlich, Eisenoxydul, welches zur weitern Entkohlung des Kohlen-Eisens, also als zweites Mittel zum Frischen benutzt wird. Wollte man ganz allein durch die atmosphärische Luft entkohlen, so würde das nur immer von der Oberfläche her, daher sehr langsam und unvollständig erfolgen, und außerdem würde dabei ein sehr großer Theil des Eisens durch Oxydation verloren gehen. Sobald sich aber an der Oberfläche eine genügende Menge Eisenoxydul gebildet hat, wird dasselbe mit dem darunter befindlichen geschmolzenen Kohleneisen in innige Berührung gebracht, giebt seinen Sauerstoffgehalt an dieses ab und geht daher mit demselben in Schmiedeeisen über, wobei der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff als Kohlenoxydgas in bläulichen Flammen verbrennt. Eine ähnliche Veränderung erleidet das Silicium und Mangan; sie schmelzen, indem das überschüssige Eisenoxydul als Flußmittel dient, mit diesem zu einer schwarzen Schlacke zusammen, die sich entweder schon im Frischfeuer von dem gefrischten Eisen trennt, oder auch nachher bei dem Bearbeiten der Luppen unter dem Hammer (beim Zängen) durch Ausquetschen abfließt.

Die Temperatur während dieses Prozesses darf weder zu hoch noch zu niedrig sein. Ist die Temperatur zu hoch, so werden sowohl das kohlenstoffhaltige Eisen, als auch die Eisenoxydul-haltige Schlacke sehr dünnflüssig, und da letztere spezifisch leichter ist, so schwimmt sie auf dem Eisen, läßt sich daher nicht gehörig mit demselben mengen und durcharbeiten, und übt daher ihre entkohlende Wirkung nur unvollständig aus. Wenn dagegen die Temperatur zu niedrig ist, so gelangen beide Theile nicht in den gehörigen Fluß, das Entkohlungsmittel (die Eisenoxydul-haltende Schlacke) mischt sich zwar mit dem zu frischenden Eisen, aber läßt sich sehr schwer davon wieder trennen und bleibt in der Luppe eingeschlossen.

Nach dieser Darstellung des Frischprozesses in seinem Wesen wird die Einrichtung des Frischfeuers, Frischherdes und die Beschreibung des beim Frischen angewandten Verfahrens verständlich sein.

Ein Frischherd gewöhnlicher deutscher Construction ist auf Taf. II, Fig. 2 dargestellt, und zwar ist Fig. 2^a ein Vertikalschnitt nach der Linie 1—2 in Fig. 2^b; Fig. 2^b ein Horizontalschnitt nach der Linie 5—6 in Fig. 2^a, Fig. 2^c eine Vorderansicht und Fig. 2^d ein Vertikalschnitt nach der Linie 3—4 in Fig. 2^b. (Die Buchstabenerklärung siehe weiter unten.)

Gewöhnlich besteht ein Frischherd in einer Vertiefung, welche in einem gemauerten, mit einer Eisenplatte bedeckten Herde von 6 Fuß Länge, 3 Fuß Breite und 15 Zoll Höhe (über der Herdsohle) ausgespart ist und deren Boden und Wände durch Eisenplatten gebildet werden. Diese Eisenplatten haben besondere Benennungen. Die vordere Platte heißt der Schlackenzacken, die ihr gegenüber liegende Platte der Hinterzacken, die Platte, welche sich unter der Mündung des Gebläses (unter der Form) befindet, der Formzacken und die gegenüberliegende Platte der Gichtzacken; in dem Schlackenzacken befindet sich eine Oeffnung (das Schlackenloch), durch welche die Schlacken abgezogen werden, wenn es nöthig ist.

Um den Boden abzukühlen und ihn namentlich davor zu schützen, daß er mit dem zu frischenden Eisen zusammenschmelze, ist unter demselben eine Höhlung o, welche mit Wasser gefüllt werden kann; zuweilen sind die Zacken mit ähnlichen Vorrichtungen versehen. Den Wasserzutritt unter der Bodenplatte muß man absperren können, damit man das Wasser nur nach Erfordern zulassen kann. Dies geschieht am passendsten erst nachdem das Eisen im Herde in Fluß gekommen ist.

Die Zacken und der Boden haben gewisse Neigungswinkel gegen die Horizontale, welche bei verschiedenen Frischfeuern verschieden sind. Manche Metallurgen legen diesen Neigungswinkeln eine bestimmte Wichtigkeit bei, indessen scheinen dieselben für den chemischen Vorgang beim Frischen sehr unwesentlich zu sein und sich vielmehr nur nach der Bequemlichkeit bei der Handhabung der Luppe, beim Aufbrechen und Durcharbeiten derselben zu richten. Dagegen ist die Richtung, unter welcher der Wind in den Herd bläst (das Stechen der Form), sowie die Größe der Düsenöffnung nicht unwesentlich. In ältern Frischfeuern wandte man zwei Düsen an, d. h. es wurde das erforderliche Windquantum durch mehr als eine Oeffnung in den Herd geführt; gegenwärtig wendet man erfahrungsmäßig fast überall am besten nur eine Düse an.

Die Form, in welcher die Düse steckt, ist gewöhnlich von Gußeisen oder von Schmiedeeisen; die Düse liegt in der Form etwas zurück, damit der Wind die Form kalt blase; sie ist gewöhnlich von Kupfer und mittelst eines Lederschlauches an der Windleitung befestigt.

Der Querschnitt der Düse ist gewöhnlich halbkreisförmig, zuweilen rund oder elliptisch; die Größe desselben pflegt den Werth von $1\frac{1}{2}$ Quadratzoll selten zu übersteigen.

Das Stechen der Form variirt zwischen einem Neigungswinkel von 5 bis 10 Grad, in manchen Fällen 15 Grad, ja sogar bis 19 Grad gegen die

Horizontale. Wenn die Form horizontal wäre, so würde mehr Brennmaterial consumirt werden und ein großer Theil des Windes würde verloren gehen. Je mehr die Form geneigt ist, desto länger bleibt das Metall in Fluß und desto später geht es in Schmiedeeisen über, je mehr die Neigung der Form sich der Horizontalen nähert, desto früher geht das Metall in den schmiedbaren Zustand über. Hieraus folgt, daß weißes Roheisen, welches an und für sich mehr Neigung hat, in den Zustand des Schmiedeeisens überzugehen, eine größere, stärkere Neigung der Form erfordert, als graues Roheisen. Indessen sind hierüber die Ansichten verschieden und manche Metallurgen verlangen gerade das Gegentheil.

Der Abstand der Form vom Hinterzacken ist etwa 9 Zoll, in der Regel ist die Form parallel mit dem Hinterzacken; in manchen Fällen auch gegen denselben geneigt.

Die Tiefe des Herdes nennt man die Entfernung von der Oberkante der Form bis auf die Bodenplatte; sie ist abhängig von dem Neigungswinkel der Form und sollte mit demselben immer in genauer Beziehung stehen. Man macht die Tiefe des Herdes selten geringer als sieben Zoll und selten größer als zehn Zoll. Wenn die richtigen Verhältnisse festgestellt sind, muß man die Form sehr sicher durch Haken oder Klammern in der Seitenwandung des Herdes befestigen, um zu verhüten, daß sie durch äußere Beschädigungen aus ihrer richtigen Lage komme.

Unter der Länge des Herdes versteht man die Entfernung des Vorderzackens vom Hinterzacken, unter der Breite des Herdes die Entfernung des Gichtzackens vom Formzacken. Die Länge des Herdes ist etwa 32 Zoll, die Breite 24 bis 26 Zoll.

Wenn der Herd eingebaut wird, so wird zuerst der Form- und der Gichtzacken eingestellt und sodann der Hinterzacken zwischen denselben festgekeilt. Hierauf legt man den Boden auf eine Lage von weichem Lehm ein, indem man ihn genau in die durch die drei Zacken gebildeten Ecke einpaßt und schließlich setzt man den Vorderzacken ein.

In den Figuren 2^a bis 2^d auf Taf. II haben die Buchstaben folgende Bedeutung. h die Vorherdplatte (Brustplatte), welche hier den Schlackenzacken ersetzt und mit einer breiten Deckplatte g bedeckt ist. Bei x befindet sich in der Vorherdplatte das Schlackenloch. b ist der Formzacken, c der Gichtzacken, d der Hinter- oder Aschzacken, a der Boden, welcher auf einer Lehmsohle liegt, unter welcher sich das Tümpelloch o befindet, welches mit einer Deckplatte versehen ist und mit einer Wasserleitungsröhre e in Verbindung steht. i ist der Raum für die Form (Formstall), welcher mit gußeisernen Platten eingefaßt ist, f ist die Gichtmauer, z eine Platte, auf welche die zu schmelzenden und nachzuschiebenden Roheisengänze u. s. w. gelegt werden, m sind gußeiserne Platten, die auf eingemauerten Eisenstangen ruhen und als Funkenfänger dienen, k ist die Mauer, in welcher die Form liegt.

Wenn das Frischverfahren beginnen soll, so bedeckt man den Boden mit Holzkohlen, indem man zuweilen dieselben mit Glühspahn oder mit Schlacken von

einer frühern Operation bestreut; nun wird eine gute Hitze gegeben und die zu frischenden Barren in etwa 6 bis 8 Zoll Entfernung von der Form eingesetzt, (je grauer das Roheisen, desto näher bringt man es der Form). Hierauf steigert man die Hitze, bedeckt das Eisen mit einer Holzkohlenlage und sucht es in gehörigen Fluß zu bringen. Sobald das Metall zu schmelzen beginnt, stößt der Arbeiter einen Spieß in die Eisenmasse, um zu fühlen, welche Zähigkeit die schmelzende Masse besitzt, und danach zu beurtheilen, welche Gare das Eisen hat, d. h. ob es sehr dünnflüssig oder ob es zähe, dickflüssig und von breiartiger Consistenz ist. Im letzten Falle ist es in gutem garen Gange, im ersten wird durch Zusatz von Frischschlacken die Gare befördert. Sollte sich das Eisen zu dick und fest anfühlen, so ist der Gang zu gar und die Entkohlung zu weit vorgeschritten. Man setzt dann noch etwas Roheisen hinzu, um den Gang gut zu machen. In diesem Stadium des Prozesses bildet sich eine sehr dünnflüssige Schlacke (Rohschlacke), welche wenig zur Entkohlung beiträgt, da sie zu leicht ist (siehe oben S. 90) und auf dem Eisen schwimmt. Man läßt dieselbe durch das Schlackenloch ab.

Hat nun das Eisen eine gewisse Consistenz erlangt, ist es steif und zähe geworden, so zieht der Arbeiter die Masse näher nach dem Vorderzacken, räumt die Kohlen und Schlacken von der Oberfläche fort, um die Oberfläche frei zu bekommen, hebt den Eisenklumpen mit der Brechstange in die Höhe und zerbricht ihn in mehrere Stücke, welche er von dem Feuer entfernt; nachdem er neue Kohlen aufgegeben, wendet er die Stücke um, legt sie wieder auf das Brennmaterial, aber je nach der bereits eingetretenen Entkohlung in solcher Ordnung, daß die noch am meisten rohen Stücke der Form zunächst zu liegen kommen.

Diese Operation heißt das Rohaufbrechen. Nun werden die aufgebrochenen Stücke in derselben Weise, wie vorhin mit Kohlen bedeckt, wieder eingeschmolzen und aufgebrochen. Nach diesem zweiten Aufbrechen (Garaufbrechen) ist das Eisen, wenn die Operation in gutem Gange gewesen, bereits gehörig entkohlt und in Schmiedeeisen übergegangen.

Zuweilen jedoch ist dies noch nicht der Fall und es folgt dem ersten Rohaufbrechen noch ein zweites, oft noch ein drittes Rohaufbrechen, bevor das Garaufbrechen eintreten kann.

Die beim Garaufbrechen und kurz vor demselben sich bildende Schlacke (Garschlacke) enthält verhältnißmäßig mehr Eisenoxydul, ist dickflüssiger als die Rohschlacke und trägt wesentlich zur Entkohlung des Eisens bei; es ist diejenige Schlacke, welche wir vorzugsweise als Frischschlacke bezeichnet haben, wenn es sich um den Zusatz von Entkohlungsmitteln handelt. Nach dem Garaufbrechen folgt das Bilden der Luppe (Deulmachen). Alle Operationen des Aufbrechens, welche bis zu diesem Augenblick gemacht worden sind, haben das Eisen bis zur Oberfläche der geschmolzenen Schlacke, oder ein wenig über dieselbe erhoben, je nachdem der Arbeiter es für nöthig hält, das Eisen mehr der Einwirkung der Oxydation durch den Luftstrom oder der Entkohlung durch die Schlacke auszusetzen. Nun aber beim Deulmachen wird die Eisenmasse ganz aus dem Herde herausgehoben und vor die Form gebracht, so daß der Luftstrom dieselbe unterhalb und ringsum vollständig umspielen kann; man dreht und wendet dieselbe nun, um sie von allen

Seiten dem Winde auszusetzen, und bringt sie dann wieder in den Herd zurück, zieht die Schlacke durch das Schlackenloch ab, bedeckt die Luppe mit Kohlen und steigert die Intensität des Gebläses, um die Masse fast bis zum Schmelzpunkt zu erhitzen, wodurch sie gehörig entkohlt und gereinigt wird, auch zum Schweißen gelangt. Um sich zu überzeugen, ob die Luppe die gehörige Beschaffenheit habe, stößt der Arbeiter, nachdem das Gebläse allmählig wieder vermindert worden ist, eine Brechstange in die Luppe, zieht sie wieder heraus, wobei einzelne Theilchen an derselben haften bleiben, und kühlt die Stange im Wasser ab; wenn die anhaftenden Theilchen dabei leicht abspringen, so ist die Luppe hinreichend gefrischt; man zieht sie aus dem Herde, um sie unter einem Hammer zu zängen.

Bei dem letzten Niederschmelzen wird in manchen Hütten das sogenannte Anlaufenlassen vorgenommen. Man hält nämlich einen Eisenstab unter das herabschmelzende Eisen und dreht ihn von Zeit zu Zeit, bis sich das auf der Oberfläche erstarrende Eisen zu einem Klumpen (Anlaufkolben) von 16 bis 20 Pfund vereinigt hat, der sodann ausgeschmiedet, ein Eisen von vorzüglicher Güte liefert. Der Stab wird gewöhnlich ziemlich horizontal, etwas unterhalb der Form eingesteckt, nachdem sich eine genügende Quantität Eisen angesetzt hat, wird derselbe herausgezogen, man schreckt die Schlacke, welche an dem Anlaufkolben haftet, durch plötzliches Eintauchen in Wasser ab, schweißt mit einem Handhammer die Eisenmasse zu einem etwas dichten Klumpen zusammen und kühlt dann den Stab vollends in kaltem Wasser ab. Hierauf wiederholt man dasselbe Verfahren und zieht auf diese Weise zwei oder drei, zuweilen auch bedeutend mehr Kolben aus dem Ofen. Die noch im Herde zurückgebliebene Eisenmasse wird in der vorhin beschriebenen Weise zu einer Luppe formirt.

Zuweilen wird das Eisen gefrischt, ohne daß man mehr als einmal dasselbe aufbricht und niederschmelzt; wenn man dabei sehr gutes weißes Roheisen verwendet und den ganzen Einsatz durch aufeinander folgendes Anlaufenlassen in lauter kleinen Klumpen aus dem Herde zieht, so hat man im Allgemeinen das Verfahren, welches man als Osemundschmiede bezeichnet und welches ein sehr gutes Eisen liefert.

Während des Anlaufenlassens muß die Intensität des Windes gesteigert werden.

Die aus dem Frischfeuer gezogene Eisenmasse (Luppe) wird gewöhnlich unter einem Hammer gezängt; hierdurch wird nicht allein die im Innern derselben befindliche Schlacke gehörig ausgepreßt, sondern es werden auch die einzelnen Eisentheile inniger zusammengeschweißt. Die Luppe wird dabei zu einem würfelförmigen Stück ausgeschmiedet, welches man mittelst eines starken Schrotmeißels in vier bis sechs Stücke (Schirbel) aufspaltet, um diese dann weiter zu bearbeiten.

Die Anzahl der Arbeiter, welche ein Frischfeuer erfordert, mit Einschluß des Hammerschmiedes, beträgt vier bis fünf, nämlich:

1 Frischmeister,	1 Hammerschmied,
2 Heizer und	1 Handlanger.

Der Frischmeister und der erste Heizer, sowie der Hammerschmied und der zweite Heizer arbeiten zusammen, der Handlanger leistet für beide Partien die Aushülfe.

Die Dauer des eigentlichen Frischprozesses ist 3 bis 4 Stunden; mit dem zufälligen Aufenthalt muß man diese Zeit durchschnittlich länger veranschlagen. Da nun das Gewicht einer Luppe durchschnittlich 250 bis 300 Pfund beträgt (s. oben), so kann man wöchentlich (die Woche zu 6 Tagen gerechnet) 5600 bis 6000 Pfund Eisen von mittlerer Stärke oder höchstens 9000 Pfund sehr grobe Eisensorten in einem Frischfeuer fertig liefern.

Der Abbrand an Eisen beim Frischfeuer richtet sich natürlich nach der Qualität des verwandten Roheisens; er beträgt im Durchschnitt 24 bis 33 Procent des Roheisens, so daß man von 130 bis 150 Pfund Roheisen nur 100 Pfund gefrischtes Eisen erhält. Zuweilen und wenn man sehr schlechtes Roheisen verarbeitet, steigt der Abbrand bis auf 36 Procent.

Der Verbrauch an Brennmaterial variirt zwischen 20 bis 25 Kubikfuß guter weicher Holzkohlen (der Kubikfuß zu 9 Pfund gerechnet) zwischen 180 bis 225 Pfd. für 100 Pfd. gefrischten Stabeisens. Die erste Angabe sollte bei groben Eisensorten kaum erreicht werden.

Das Frischverfahren liefert im Allgemeinen das beste Schmiedeeisen, nächst dem durch directes Ausbringen aus den Erzen, durch die Rennarbeit, dargestellten (§. 15); es ist aber mit einem größern Aufwand an Brennmaterial und weit größerm Verlust durch Abbrand verbunden, als der Puddelprozeß.

Nach der chronologischen Reihefolge, in welcher die verschiedenen Methoden Schmiedeeisen darzustellen entdeckt worden und in Gebrauch gekommen sind, ist offenbar die Darstellung des Schmiedeeisens aus den Erzen die älteste, später ist der Frischprozeß, dann das Puddeln und zuletzt die Darstellung des schmiedbaren Eisengusses erfunden worden.

Diese Reihenfolge giebt zugleich diejenige an, in welcher die Güte der erzeugten Fabrikate auf einander folgt. Hiermit soll indessen keineswegs behauptet werden, daß man nicht durch einen gut geleiteten und sorgfältigen Puddelprozeß und bei Anwendung guter Roheisensorten besseres Schmiedeeisen erzeugen könne, als aus schlechtem Roheisen oder durch mangelhaftes Verfahren im Frischprozeß.

§. 19.

Weitere Bearbeitung des in Puddelöfen oder in Frischfeuern erzeugten Schmiedeeisens bis zur Darstellung der im Handel vorkommenden Eisensorten.

Nachdem das Roheisen in Schmiedeeisen verwandelt worden ist, sei es nun durch das Verfahren des Puddelns (§. 17) oder durch den Frischprozeß, wird es gezängt, d. h. man drückt die Schlacke aus der Luppe entweder durch Hämmer, die durch Wasser betrieben werden, oder unter Dampfhämmer oder durch Walzen, oder durch Quetschen oder durch sogenannte Luppenmühlen, und schweißt dabei die einzelnen Eisentheilchen innig und fest aneinander. Hierdurch erhält man immer nur ein noch ziemlich unvollkommenes Fabrikat, welches erst durch weitere Bearbeitung zu einem tüchtigen brauchbaren Schmiedeeisen wird.

Diese weitere Bearbeitung besteht im Wesentlichen in Folgendem:

1) Zertheilung der Luppe in kleinere Theile;
2) Durcharbeiten und Ausrecken dieser Theile;
3) Vereinigung der einzelnen durchgearbeiteten Stücke zu Packeten;
4) Zusammenschweißen der Packete;
5) Ausrecken der geschweißten Packete und Darstellung von Stäben, Blechen u. s. w.

Oft werden alle diese Operationen wiederholt vorgenommen, oft dagegen fällt die eine oder die andere derselben aus. Jedenfalls ist mit dem Puddeln oder mit dem Frischen der chemische Prozeß vollendet und die darauf folgenden Manipulationen sind ganz mechanischer Natur.

Das in Frischfeuern gewonnene Eisen wird, wie im vorigen Paragraphen angeführt worden, mittelst des Schrotmeißels in Schirbel zertheilt. Diese Schirbel kommen in besondere Feuer (Schweißherde), in welchen sie warm gemacht und dann unter Hämmern weiter ausgeschmiedet werden. Das im Puddelofen dargestellte und gehörig gezängte Eisen wird meist unter Walzwerken (Präparirwalzen) in flache ½ bis ¾ Zoll starke und vier Zoll breite Stäbe von 12 bis 16 Fuß Länge ausgewalzt, und auf diese Weise in sogenannte Mill-bars verwandelt.

Das Eisen in der Mill-bars hat noch ein grobes Gefüge, unregelmäßige und bröckliche Ränder und ist noch selten zu unmittelbarer Verwendung geeignet. Man bezeichnet dasselbe häufig als Mill-bars Nr. 1.

Die Mill-bars werden mittelst einer Scheere, die durch Dampfkraft oder Wasserkraft bewegt wird, in Stücke von 2 bis 3 Fuß Länge geschnitten, man packt 6 bis 8 solche Stäbe auf und nebeneinander, umbindet sie in der Nähe der beiden Enden mit Draht oder dünnem Bandeisen und bringt sie in den Schweißofen.

Der Schweißofen ist gewöhnlich ein Flammenofen; wir werden dessen Beschreibung und Abbildung bei Gelegenheit der Schmiedewerkstätten in der zweiten Abtheilung dieses Werkes mittheilen. Im Schweißofen werden die einzelnen zu Packeten vereinigten Stücke in Schweißhitze gebracht und nun wieder, entweder unter Hämmern oder unter Walzen, ausgereckt und zusammengeschweißt.

Dies so erzeugte Eisen heißt Mill-bars Nr. 2, es ist bereits in der Consistenz und in dem Gefüge viel weiter vorgeschritten, aber doch meistens noch nicht gut genug, um weiter verwandt werden zu können. Man bildet daraus durch eine ganz ähnliche Behandlung, nämlich durch Zerschneiden, Zusammenlegen zu Packeten und abermaliges Auswalzen oder Hämmern Eisen Nr. 3, welches zu den meisten Verwendungsarten brauchbares Schmiedeeisen darstellt.

Je öfter das Eisen in dieser Weise behandelt wird, desto besser wird es; und man pflegt daher Schmiedeeisen, welches zu Wellen, Eisenbahnwagen- und Locomotivachsen, Radreifen für Eisenbahnwagen u. s. w. verwendet werden soll, ebenso das zu Blechen bestimmte Eisen einer mehrfachen, zuweilen fünfmaligen Behandlung in der vorbeschriebenen Weise zu unterwerfen. Dabei nimmt man auf die Gestalt und auf den Zweck der schließlich darzustellenden

Gegenstände beim Schmieden oder Auswalzen und bei der Bildung von Packeten Rücksicht. Um z. B. runde Achsen (Bündelachsen) darzustellen, ordnet man vor dem letzten Auswalzen oder Ausschmieden die Stücke in runde Bündel; um Bleche darzustellen, macht man längliche flache Packete u. s. w.

Die zum Zängen benutzten Walzen sind gewöhnlich 5 Fuß, mit den Zapfen 7 Fuß lang, haben 18 bis 20 Zoll Durchmesser und wiegen jede 40 bis 50 Centner; sie sind mit 5 bis 7 ringförmigen Kannelirungen versehen, welche halbelliptischen Querschnitt haben, und zwar so, daß die kurze Halbachse der Ellipse radial zur Walze ist. Die zur Bildung der Mill-bars dienenden Walzen (Präparirwalzen) haben 12 bis 14 Zoll Durchmesser und sind 5 Fuß lang; die zum letzten Auswalzen schwererer Stücke dienenden Walzen sind von demselben Durchmesser, aber 12 bis 18 Zoll kürzer und wiegen nur $7\frac{1}{2}$ bis 10 Centner jede, während die Walzen für schwächere Eisensorten nur 8 bis 10 Zoll Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ Fuß Länge haben.

Die Zängenwalzen	machen	16—18	Umdrehungen
„ Präparirwalzen	„	22—24	„
„ Fertigwalzen	„	70—80	„

in der Minute, dagegen machen die zu leichten Eisensorten bestimmten dünnern Walzen 120, 150, ja zuweilen 200 Umdrehungen in der Minute.

Man rechnet auf den Betrieb folgenden Kraft-Verbrauch:

1	Paar Zängenwalzen	machen	15—20	Pferdekraft
1	„ Präparirwalzen	„	20—25	„
1	„ Grobeisenwalzen	„	25—35	„
1	„ Feineisenwalzen	„	15—20	„

Das im Handel vorkommende Schmiedeeisen tritt im Allgemeinen in drei verschiedenen Formen auf, welche wir als drei große Gruppen ansehen können, nämlich:

A. Stabeisen,
B. Blech,
C. Draht.

In allen diesen drei Gruppen giebt es nun eine große Menge einzelner Sorten, die sich zum Theil nach ihrer Bestimmung, zum Theil nach ihrer Fabrikation unterscheiden.

§. 20.

Stabeisen.

Der größte Theil des zur weitern Verarbeitung in die mechanischen Werkstätten übergehenden Stabeisens ist gewalztes Eisen; selten und nur in besondern Fällen wendet man gegenwärtig noch in größern Quantitäten geschmiedetes Stabeisen an. Das gewalzte Eisen hat den Vorzug eines regelmäßigern und bessern Aussehens; es hat glatte Oberflächen, scharfe Begrenzungen und ist in der Herstellung billiger. Das geschmiedete Stabeisen ist zuweilen, doch nicht immer, von einem durchweg gleichförmigeren Gefüge und von größerer Zähigkeit, häufig aber zieht man es nur aus Vorurtheil dem gewalzten Eisen vor.

Sehr große Dimensionen lassen sich durch die Walzen nicht mehr herstellen, und dann ist man allerdings genöthigt die Stäbe durch Schweißen und Schmieden unter Hämmern herzustellen. Sehr dünne Dimensionen lassen sich anstatt durch unmittelbares Auswalzen leichter und bequemer durch das sogenannte Eisenspalten darstellen, und man nennt das so hergestellte Eisen Schneideeisen, Schnitteisen oder Spalteisen. Das Verfahren hierbei ist folgendes:

Man walzt eine Schiene von 3 bis 5 Zoll Breite und 30 bis 40 Fuß Länge von solcher Dicke aus, als diejenige ist, die später das Schneideeisen bekommen soll.

Diese Schiene wird zwischen Schneidewalzen in eine Anzahl paralleler Streifen der Länge nach aufgeschnitten, indem man sie glühend zwischen den Schneidewalzen durchgehen läßt. Die Schneidewalzen sind zwei nach entgegengesetzter Richtung sich bewegende Walzen, deren jede aus einer Anzahl schmiedeeiserner und verstählten Scheiben gebildet ist.

Die Dicke dieser Scheibe ist gleich der Breite der zu schneidenden Streifen; zwischen je zwei Scheiben liegt eine eben so dicke Scheibe von geringerem Durchmesser, so daß dadurch die Schneidescheiben in angemessener Entfernung gehalten, und immer zwischen je zwei benachbarten Scheiben ringförmige Einschnitte von rechteckigem Querschnitt gebildet werden.

Die Schneidescheiben der einen Walze greifen in die Einschnitte der andern Walze bis zu einer angemessenen Tiefe, etwa $^3/_4$ Zoll ein, so daß, da die Einschnitte etwa 2 Zoll tief sind, das geschnittene Eisen in den Einschnitten noch Platz finden kann. Die Schneidescheiben haben etwa 10 bis 12 Zoll Durchmesser, machen 40 bis 50 Umdrehungen in einer Minute, und erfordern etwa 4 bis 5 Pferdekraft.

Zuweilen, aber weniger zweckmäßig, stellt man das Schnitteisen auch durch Zerschneiden von Blechtafeln her.

Die im Handel vorkommenden Sorten Stabeisen werden, je nach der Darstellungsweise, bezeichnet als:

a) Walzeisen,
b) geschmiedetes Stabeisen,
c) geschnittenes Eisen oder Schnitteisen.

Eine andere Eintheilung des Stabeisens pflegt nach der Form des Querschnittes der Stäbe zu geschehen, und man unterscheidet in diesem Sinne:

a) Rundeisen,
b) Quadrateisen,
c) Flacheisen,
d) Façoneisen.

Die drei erstgenannten Eisenarten sind ohne Weiteres verständlich, die vierte, das Façoneisen, begreift alle die verschiedenen Querschnittsformen des Stabeisens, welche man in neuerer Zeit zu den mannigfaltigsten Zwecken in Anwendung gebracht hat, und deren detaillirte Aufzählung und Abbildung allein einen

Band mit Kupfertafeln füllen würde.*) Man hat außer den mannigfaltigsten Profilen der Eisenbahnschienen, als hauptsächlichste Arten des Façoneisens, die verschiedenen Arten Eck- oder Winkeleisen (L), Kreuzeisen (—┼—), T-Eisen (T), L-Eisen (L), H-Eisen (H), Fenstersprossen-Eisen (—╫—) u. s. w.

Außer nach der Darstellungsart und nach der Querschnittsform theilt man das Eisen noch ein nach der Art und Weise, wie dasselbe für den Verkauf gehandhabt wird. Die dickern Stangen, welche die nöthige Steifheit haben, um aufrecht zu stehen, werden einzeln gewogen und verkauft, die dünnern Sorten, welche sich verbiegen und verwirren würden, sind zu Bündeln oder Packete zusammengebunden, indem sie durch eiserne Ringe oder Reifen zusammengehalten werden. Man theilt daher das Stabeisen häufig noch ein:

a) in Eisen in Stangen (Stangeneisen),

b) in Eisen in Bündeln (Bündeleisen).

Die Bündel wiegen gewöhnlich einen Centner mit Einschluß des zum Zusammenhalten dienenden Band- oder Bindeeisens, so daß also die verschiedensten Sorten Bündeleisen vom stärksten bis zum schwächsten immer in Bündeln von 1 Centner vorkommen.

Wir geben in Folgendem eine Zusammenstellung der im Handel vorkommenden Dimensionen der verschiedenen Eisensorten.

A. Gewalztes und gepuddeltes Stabeisen.

I. Englisches Walzeisen.

Das beste Eisen dieser Art bleibt bis jetzt noch das englische Eisen. Dasselbe zeichnet sich durch sehr gute Textur und sehr sauberes glattes Ansehen aus; das beste englische Eisen ist dasjenige aus Staffordshire, welches auch unter dem Namen Staffordshire-Eisen bekannt ist, und zwar sind es vorzugsweise drei große Fabriken, welche nach dem Continent in bedeutenden Quantitäten Eisen liefern. Dies sind:

1) Barrows and Hall; das Eisen dieser Fabrik ist mit *B H* (mit Krone) Best oder Best Best bezeichnet.

2) John Bagnall and Son.

3) T. B. Thorneycost, dessen Eisen oft mit T P K bezeichnet ist.

Das englische Eisen kommt in viel größern Stücken vor, als das deutsche, so daß man mit den stärkeren Dimensionen unter allen Umständen auf England angewiesen ist.

a) Rundeisen.

Das gewalzte Rundeisen kommt in Dimensionen von $1/8$ Zoll bis 7 Zoll Durchmesser, ausnahmsweise als gewalztes Eisen auch von 8 Zoll Durch-

*) Eine ungemein umfangreiche und interessante Zusammenstellung bietet „Recueil des fers spécieaux“ Paris Appert fils et Vavasseur, sowie die ganz kürzlich veröffentlichte: „Sammlung von Profilen des façonnirten Eisens nach den vorhandenen Walzen der namhaftesten Eisenwerke Deutschlands, Belgiens und Großbritanniens, zusammengestellt und ihren Geschäftsfreunden ausschließlich gewidmet von Jacob Ravené Söhne und Comp.“ Berlin; Ligener's Verlag.

messer vor; doch thut man besser, die größern Dimensionen aus gewalzten Mill-bars (§. 19) unter dem Hammer auszuschmieden. Man kann auf Bestellung aus den genannten Werken Rundeisenstäbe, welche auf diese Weise dargestellt sind, bis zu einem Gewichte von 100 Centner das Stück bekommen. Man pflegt bei dem englischen Rundeisen solches zu unterscheiden, welches bestimmt ist, abgedreht zu werden (for turning) z. B. zu Wellenleitungen u. s. w., und solches, das zu gewöhnlichen Arbeiten, z. B. zu Spannstangen, Fundamentankern u. s. w. bestimmt ist (for jobbing).

Das erstgenannte ist besonders gutes Eisen, welches sich durch saubere Packetirung auszeichnet. Obwohl auf Bestellung jeder vorgeschriebene Durchmesser für das Eisen geliefert werden kann, so sind doch die Walzen der meisten Walzwerke auf bestimmte Durchmesser eingerichtet.

Diese Reihenfolge ist folgende in englischem Maaße:

$\frac{1}{8}$ Zoll, $\frac{3}{16}$ Zoll, $\frac{7}{32}$ Zoll, $\frac{8}{32}$ Zoll, $\frac{9}{32}$ Zoll, $\frac{10}{32}$ Zoll, $\frac{11}{32}$ Zoll, $\frac{3}{8}$ Zoll;

$\frac{7}{16}$ Zoll, $\frac{1}{2}$ Zoll, $\frac{9}{16}$ Zoll, $\frac{5}{8}$ Zoll, $\frac{11}{16}$ Zoll, $\frac{3}{4}$ Zoll, $\frac{13}{16}$ Zoll, $\frac{7}{8}$ Zoll, $\frac{15}{16}$ Zoll, 1 Zoll;

$1\frac{1}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{8}$ Zoll, $1\frac{3}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{4}$ Zoll, $1\frac{5}{16}$ Zoll, $1\frac{3}{8}$ Zoll, $1\frac{7}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{2}$ Zoll, $1\frac{9}{16}$ Zoll, $1\frac{5}{8}$ Zoll, $1\frac{11}{16}$ Zoll, $1\frac{3}{4}$ Zoll, $1\frac{13}{16}$ Zoll, $1\frac{7}{8}$ Zoll, $1\frac{15}{16}$ Zoll, 2 Zoll, $2\frac{1}{16}$ Zoll, $2\frac{3}{16}$ Zoll, $2\frac{1}{4}$ Zoll;

$2\frac{3}{8}$ Zoll, $2\frac{1}{2}$ Zoll, $2\frac{5}{8}$ Zoll, $2\frac{3}{4}$ Zoll, $2\frac{7}{8}$ Zoll, 3 Zoll, $3\frac{1}{8}$ Zoll, $3\frac{1}{4}$ Zoll, $3\frac{3}{8}$ Zoll, $3\frac{1}{2}$ Zoll, $3\frac{5}{8}$ Zoll, $3\frac{3}{4}$ Zoll, $3\frac{7}{8}$ Zoll, 4 Zoll, $4\frac{1}{8}$ Zoll, $4\frac{1}{4}$ Zoll, $4\frac{3}{8}$ Zoll, $4\frac{1}{2}$ Zoll;

$4\frac{3}{4}$ Zoll, 5 Zoll, $5\frac{1}{4}$ Zoll, $5\frac{1}{2}$ Zoll, $5\frac{3}{4}$ Zoll, 6 Zoll, $6\frac{1}{4}$ Zoll, $6\frac{1}{2}$ Zoll, $6\frac{3}{4}$ Zoll, 7 Zoll.

Die Durchmesser nehmen also zu in folgender Weise:

um	$\frac{1}{32}$	Zoll	steigend	von	$\frac{1}{8}$	Zoll	bis	$\frac{3}{8}$ Zoll
"	$\frac{1}{16}$	"	"	"	$\frac{7}{16}$	"	"	$2\frac{1}{4}$ "
"	$\frac{1}{8}$	"	"	"	$2\frac{3}{8}$	"	"	$4\frac{1}{2}$ "
"	$\frac{1}{4}$	"	"	"	$4\frac{1}{2}$	"	"	7 "

Die Eisensorten bis 1 Zoll Durchmesser sind gebündelt (s. oben) von da ab kommen sie als Stangeneisen in Stangen von etwa 10 Fuß Länge vor.

Besonders gute Sorten des Rundeisens sind noch: das Nieteisen in Dimensionen von $\frac{3}{8}$ Zoll bis 1 Zoll Durchmesser, welches besonders sorgfältig entkohlt, weich und langfaserig ist; ferner das Ketteneisen bis zu einem Durchmesser von $1\frac{5}{8}$ Zoll, sehr zähe und langfaserig.

b) Quadrateisen.

Die stärksten Dimensionen des Quadrateisens gehen nur bis 4 Zoll, höchstens 5 Zoll, bei stärkeren Sorten markiren sich die Packetlagen, und man stellt sie daher lieber unter dem Hammer durch Ausschmieden und Ausrecken der geschweißten Packete dar.

Quadrateisen, welches unmittelbar durch Walzen dargestellt ist, beginnt mit $\frac{1}{4}$ Zoll Seite, und steigt in folgender Reihefolge:

$\frac{1}{4}$ Zoll, $\frac{5}{16}$ Zoll, $\frac{3}{8}$ Zoll, $\frac{7}{16}$ Zoll, $\frac{1}{2}$ Zoll, $\frac{9}{16}$ Zoll, $\frac{5}{8}$ Zoll, $\frac{11}{16}$ Zoll,

$\frac{3}{4}$ Zoll, $\frac{13}{16}$ Zoll, $\frac{7}{8}$ Zoll, $\frac{15}{16}$ Zoll, 1 Zoll; $1\frac{1}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{8}$ Zoll, $1\frac{3}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{4}$ Zoll, $1\frac{5}{16}$ Zoll, $1\frac{3}{8}$ Zoll, $1\frac{7}{16}$ Zoll, $1\frac{1}{2}$ Zoll, $1\frac{9}{16}$ Zoll, $1\frac{5}{8}$ Zoll, $1\frac{11}{16}$ Zoll, $1\frac{3}{4}$ Zoll, $1\frac{13}{16}$ Zoll, $1\frac{7}{8}$ Zoll, $1\frac{15}{16}$ Zoll, 2 Zoll;

$2\frac{1}{8}$ Zoll, $2\frac{1}{4}$ Zoll, $2\frac{3}{8}$ Zoll, $2\frac{1}{2}$ Zoll, $2\frac{5}{8}$ Zoll, $2\frac{3}{4}$ Zoll, $2\frac{7}{8}$ Zoll, 3 Zoll, $3\frac{1}{8}$ Zoll, $3\frac{1}{4}$ Zoll, $3\frac{3}{8}$ Zoll, $3\frac{1}{2}$ Zoll, $3\frac{5}{8}$ Zoll, $3\frac{3}{4}$ Zoll, $3\frac{7}{8}$ Zoll, 4 Zoll.

Hiernach steigen also die Seiten des Quadrats in folgender Weise:

um $\frac{1}{16}$ Zoll von $\frac{1}{4}$ Zoll bis 2 Zoll,
„ $\frac{1}{8}$ „ „ $2\frac{1}{8}$ „ „ 4 „

Das beste Quadrateisen ist das Nageleisen, welches von sehr gutem weichen Eisen ist und $\frac{3}{16}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll Seite hat; dasselbe ist meist als Schnitteisen dargestellt.

c) Flacheisen.

Das Flacheisen hat meistens einen Querschnitt, welcher 10 bis 12 Quadratzoll nicht überschreitet, nur bei sehr starken Sorten, deren Dicke $1\frac{1}{2}$ Zoll und darüber ist, hat man dasselbe noch von 15 Quadratzoll Querschnitt.

Das gewalzte Flacheisen beginnt bei $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite, nun wächst die Breite bis höchstens 6 Zoll immer um $\frac{1}{8}$ Zoll. Wenn die Breite des Flacheisens bei kleinern Dimensionen größer wird, als das vierundzwanzigfache der kleinsten Dimension, so wird das Eisen nicht mehr als Flacheisen, sondern als Blech behandelt; ist die kleinste Dimension größer als $\frac{5}{8}$ Zoll, so hört die Bezeichnung Flacheisen schon früher auf, nämlich wenn der Querschnitt von 12 Quadratzoll, beziehlich 15 Quadratzoll erfüllt wird. Man hat also Flacheisen von folgenden Dimensionen:

$\frac{1}{4}$	Zoll	Dicke	von	$\frac{1}{2}$	bis	6	Zoll	Breite
$\frac{3}{8}$	„	„	„	$\frac{3}{4}$	„	9	„	„
$\frac{1}{2}$	„	„	„	1	„	12	„	„
$\frac{5}{8}$	„	„	„	$1\frac{1}{4}$	„	15	„	„
$\frac{3}{4}$	„	„	„	$1\frac{1}{2}$	„	16	„	„
$\frac{7}{8}$	„	„	„	$1\frac{3}{4}$	„	14	„	„
1	„	„	„	2	„	15	„	„
$1\frac{1}{8}$	„	„	„	$2\frac{1}{4}$	„	13	„	„
$1\frac{1}{4}$	„	„	„	$2\frac{1}{2}$	„	12	„	„
$1\frac{3}{8}$	„	„	„	$2\frac{3}{4}$	„	11	„	„
$1\frac{1}{2}$	„	„	„	3	„	10	„	„

Die beste Sorte Flacheisen ist das Bandeisen, ein besonders weiches und biegsames, sehr dünn ausgewalztes Eisen. Die stärkste Sorte Bandeisen ist $\frac{3}{16}$ Zoll stark und 6 Zoll breit, die schwächste Sorte Bandeisen ist $\frac{1}{32}$ Zoll dick und $\frac{1}{2}$ Zoll breit; dazwischen giebt es noch eine große Menge von Bandeisensorten. In England fabrizirt man auch ein sehr sauberes Bandeisen mit abgerundeten Kanten.

II. Deutsches Walzeisen.

Das deutsche Walzeisen hat im Allgemeinen nicht die Vorzüglichkeit und das gute Aussehen des Staffordshire-Eisens. Die vorkommenden Eisensorten sind ziemlich analog denjenigen des englischen Eisens, nur daß die schwä-

chern Sorten nicht in so kleinen Intervallen wie beim englischen Walzeisen sich abstufen, und daß die größern Dimensionen fehlen.

a) Rundeisen wird in den deutschen Walzwerken nur bis zu etwa 5 Zoll Durchmesser fabrizirt.

b) Quadrateisen kommt aus den deutschen Walzwerken nur bis etwa zu 3 Zoll Seite des Quadrates.

c) Flacheisen fabrizirt man in Deutschland in Walzwerken nur in den schwächern Dimensionen und von geringern Breiten, als in England, ebenso fehlen vom Bandeisen die feinsten Nummern, dagegen wird Schnitteisen in größerer Feinheit und von noch geringeren Stärken, als man es aus England bezieht, dargestellt. Es versteht sich von selbst, daß hier nur die Rede ist von den in größern Quantitäten im Handel vorkommenden deutschen Eisensorten und daß keineswegs gemeint sein kann, daß einzelne Walzwerke in Deutschland sich nicht mit der englischen Fabrikation vollständig messen könnten, sowohl was die Güte und das Aussehen des Fabrikates, als auch was die Dimensionen der erzeugten Eisenstäbe anbetrifft.

III. Französisches Walzeisen.

In deutschen Werkstätten wird in Folge der Zoll- und Transport-Verhältnisse sehr wenig französisches Walzeisen verarbeitet. Das in französischen Werken gewalzte Eisen wird zufolge Beschlusses einer in Paris abgehaltenen Versammlung von Walzwerk-Besitzern und Direktoren, in ganz bestimmten Dimensionen dargestellt und im Verkauf in acht Klassen getheilt. Dies sind folgende:

Erste Klasse.

Quadrateisen von 18 bis 61 Millimeter Seite.
Rundeisen von 21 bis 68 Millimeter Durchmesser.
Flacheisen von 40 bis 115 „ Breite, bei 9 Millimeter und mehr Dicke.
Desgleichen von 27 bis 38 „ Breite, bei 11 und mehr Millimeter Dicke.

Zweite Klasse.

Quadrateisen von 12 bis 17 Millimeter Seite.
Desgleichen starkes von 62 bis 81 Millimeter Seite.
Rundeisen von 14 bis 20 Millimeter Durchmesser.
Desgleichen starkes von 69 bis 81 Millimeter Durchmesser.
Flacheisen {von 40 bis 115 Millimeter Breite, bei 6 bis 8 und mehr Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 20 bis 38 Millimeter Breite, bei 8 und mehr „ Dicke.
Desgleichen {von 120 bis 162 Millimeter Breite, bei 12 bis 40 Millimeter Dicke.
Roststabeisen.
Winkeleisen mit gleichen Schenkeln von 35 und mehr Millimeter Breite.

Dritte Klasse.

Quadrateisen von 9 bis 11 Millimeter Seite.
Desgleichen starkes von 82 bis 95 Millimeter Seite.
Rundeisen von 9 bis 13 Millimeter Durchmesser.
Desgleichen starkes von 82 bis 95 Millimeter Durchmesser.
Bandeisen {von 20 bis 36 Millimeter Breite, bei $4\frac{1}{2}$ und mehr Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 40 bis 115 Millimeter Breite, bei 4 und mehr „ Dicke.
Flacheisen {von 120 bis 162 Millimeter Breite, bei 7 bis 11 Millimeter Dicke.
Halbrundes Eisen {von 27 bis 54 Millimeter Breite, bei 7 und mehr „ Dicke.
Winkeleisen {mit ungleich breiten Schenkeln von 35 Millimeter Breite und darüber.
Dreikantiges Eisen (fer à biseaux).

Vierte Klasse.

Quadrateisen von 6 bis 8 Millimeter Seite.
Desgleichen starkes von 96 bis 108 Millimeter Seite.
Rundeisen von 5 bis 8 Millimeter Durchmesser.
Desgleichen starkes von 96 bis 108 Millimeter Durchmesser.
Bandeisen {von 14 bis 18 Millimeter Breite, bei $4\frac{1}{2}$ und mehr Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 20 bis 115 Millimeter Breite, bei 2 und mehr „ Dicke.
Halbrundes Reifeneisen {von 16 bis 25 Millimeter Breite, bei 7 und mehr „ Dicke.
Flacheisen {von 150 bis 220 Millimeter Breite, bei 10 und mehr „ Dicke.

Fünfte Klasse.

Einfaches T Eisen im Gewicht von 5 Kilogrammes und mehr der laufende Meter.
Breitrippiges T Eisen zu Dachstühlen.
Winkeleisen mit gleichen und ungleichen Schenkeln von 14 bis 30 Millimeter Breite.
Quadrateisen von 110 bis 135 Millimeter Seite.
Rundeisen von 110 bis 135 Millimeter Durchmesser.
Flacheisen {von 180 bis 265 Millimeter Breite, bei 5 bis 9 Millimeter Dicke.
Bandeisen {von 20 bis 84 Millimeter Breite, bei $2\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 14 bis 18 Millimeter Breite, bei 2 bis 3 Millimeter Dicke.

Doppeltes T Eisen (H Eisen) von 100 bis 180 Millimeter Seite.

Sechste Klasse.

Fenstereisen im Gewicht von 2 Kilogrammes und mehr der laufende Meter.
Einfaches T Eisen desgleichen.
Bandeisen {von 20 bis 68 Millimeter Breite, bei 1 Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 14 bis 18 Millimeter Breite, bei $1\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke.
Doppeltes T Eisen von 180 bis 220 Millimeter Seite.

Siebente Klasse.

Fenstereisen im Gewicht von weniger als 2 Kilogrammes der laufende Meter.
Einfaches T Eisen desgleichen.
Bandeisen {von 20 bis 32 Millimeter Breite, bei $\frac{3}{4}$ Millimeter Dicke.
Desgleichen {von 14 bis 18 Millimeter Breite, bei 1 Millimeter Dicke.
Doppeltes T Eisen von 220 bis 260 Millimeter Breite.

Achte Klasse.

Bandeisen {von 14 bis 18 Millimeter Breite, bei 3 Millimeter Dicke.
Schwaches Fenstereisen.
Bandeisen {von 85 bis 115 Millimeter Breite, bei 1 Millimeter Dicke.
Rundeisen von 136 bis 180 Millimeter Durchmesser.

Die Preisdifferenz zwischen jeder Klasse beträgt 2 Francs für 100 Kilogrammes.

B. Geschmiedetes und gefrischtes Stabeisen.

Das in deutschen Maschinenwerkstätten verarbeitete Schmiedeeisen, welches durch den Frischprozeß hergestellt worden ist, findet eine viel geringere Anwendung als das gewalzte Eisen. Wenn auch der Frischprozeß geeignet ist, ein vorzügliches Schmiedeeisen zu liefern, so ist bei dem gegenwärtig gedrückten Zustande der Eisenhütten, in welchen derselbe noch betrieben wird, und bei dem außerordentlichen Aufschwunge des Puddel-Verfahrens und der bei diesem Verfahren jetzt angewendeten Sorgfalt das gefrischte Eisen, welches zur Zeit noch in den Handel kommt, meistens von geringerer Güte; es leidet an Ungleichförmigkeit des Gefüges, an Rothbruch, Kaltbruch, Faulbruch u. s. w. (S. §. 26.) Das gefrischte Eisen wird meistens, ja wohl ausschließlich, unter dem Hammer bearbeitet und daher gewöhnlich, im Gegensatz zum Walzeisen, als geschmiedetes Eisen bezeichnet.

Da man bei dem geschmiedeten Eisen nicht von der Form der vorhandenen Walzen und von der Gestalt der in denselben befindlichen Kannelirungen (Kaliber

der Walzen) abhängig ist, so kann man dasselbe leichter in jeder beliebigen Dimension herstellen; dennoch sind die gewöhnlich im Handel vorkommenden Eisensorten entweder sehr grobe und schwere Eisenstangen oder von sehr dünnen und feinen Dimensionen. Die Mittel-Dimensionen fehlen bei den im Handel vorkommenden Sorten geschmiedeten Eisens fast ganz.

Die üblichsten Sorten geschmiedeten und gefrischten Eisens sind folgende:

Hufstabeisen von $^1/_4$ Zoll Dicke und von $^3/_4$ Zoll Breite steigend bis zu einem Querschnitt von $^1/_2$ Quadratzoll, also etwa in folgenden Nummern:

$^1/_4$ Zoll dick: $^3/_4$ Zoll, 1 Zoll, 1 $^1/_4$, 1 $^3/_4$ bis 2 Zoll Breite; auch als Quadrateisen dargestellt in folgenden Seiten:

Quadrat von $^1/_4$ Zoll Seite, $^3/_8$ Zoll, $^1/_2$ Zoll, $^5/_8$ Zoll, $^3/_4$ Zoll Seite.

Grobes Eisen, meistens als Quadrateisen vorkommend in folgenden Dimensionen:

2 Zoll Seite, 2 $^1/_4$ Zoll, 2 $^1/_2$ Zoll, 2 $^3/_4$ Zoll, ausnahmsweise in kurzen Stangen bis zu 3 Zoll Seite.

Reifeneisen zum Beschlagen der Wagenräder in Stangen von 13 bis 15 Fuß Länge vorkommend, von $^3/_8$ Zoll Dicke und 1 $^1/_2$ Zoll Breite bis zu $^5/_8$ Zoll Dicke und 4 Zoll Breite in verschiedenen Abstufungen.

Zaineisen, Krauseisen, Eisenstäbe von den Dimensionen des Hufstabeisens, welche aber nicht glatt ausgeschmiedet, sondern an der Oberfläche durch Hammerschläge mittelst eines Hammers mit schmaler abgerundeter Bahn mit Einkerbungen versehen sind.

Schlosserstäbe zur Verarbeitung für die Schlosser in schwachen Dimensionen und in Bündeln von nur $^1/_2$ Centner Gewicht vorkommend. Ein solches Bündel enthält 7 bis 12 kurze Eisenstäbe.

Das meiste geschmiedete Eisen kommt aus den Werken in Oberschlesien, in Böhmen, Gallizien, Steyermark, Thüringen, aus der Eifel u. s. w., auch aus Schweden.

§. 21.
Eisenblech.

Die Verarbeitung des Schmiedeeisens zu Blechen geschieht entweder durch Ausrecken unter Hämmern oder unter Walzen; man unterscheidet also:

gehämmerte Bleche und gewalzte Bleche.

Die Darstellung der Bleche durch Hämmern findet nur für sehr dünne Bleche, und für solche Blechtafeln, welche sehr geringe Längen- und Breiten-Dimensionen haben, statt; alle übrigen Eisenbleche, namentlich diejenigen, welche zur Kesselfabrikation, zur Darstellung von Schornsteinen, Röhren, Gasbehältern, Brückenträgern u. s. w. dienen, sind gewalzte Bleche.

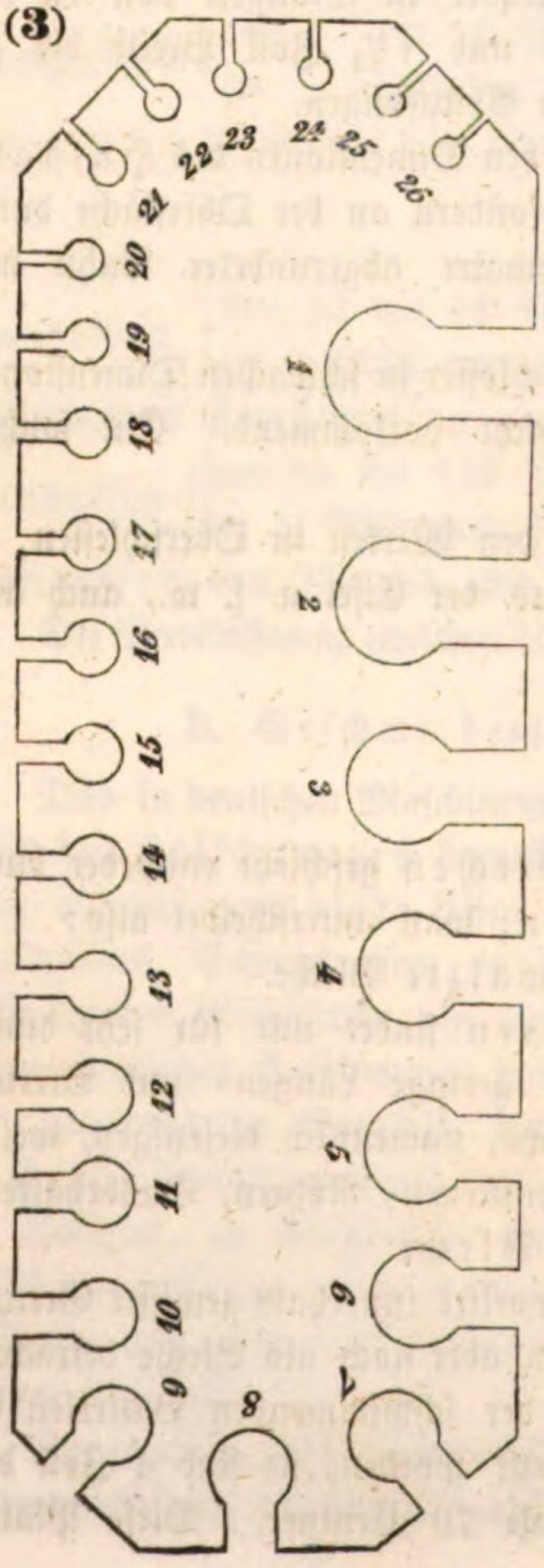
Die Dicke der herzustellenden Bleche variirt innerhalb gewisser Grenzen sehr bedeutend. Die stärksten Platten, welche man aber noch als Bleche betrachten kann, sind neuerdings in England zum Bau der schwimmenden Batterien für den Krieg der Westmächte mit Rußland dargestellt worden, sie sind 4 Zoll dick, 12 Fuß lang und 4 Fuß breit, und wiegen fast 70 Centner. Diese Platten

mögen als Beispiel gelten, wie weit man die Herstellung von Blechen aufwärts treiben kann; sie sind übrigens unter Hämmern vorgeschmiedet und schließlich ausgewalzt. Die gewöhnlich im Handel vorkommenden Bleche haben höchstens eine Dicke von $^5/_8$ Zoll. Stärkere Bleche werden auf Bestellung, namentlich in England angefertigt, und es mag als Maximum gelten, daß man freilich schon ungern noch Tafeln von 40 Centner Gewicht anfertigt; 20 Centner für eine Tafel ist schon sehr viel.

Die Dicke der Bleche wird bei Blechstärken bis zu 3 $^1/_2$ Linien preußisch abwärts nach sechszehntel und achtel Zollen gemessen, für die geringeren Stärken bestimmt man die Dicke nach einer sogenannten Blechlehre. In ganz England ist hierzu in ziemlich allgemein anerkanntem Gebrauch die Birmingham-Blechlehre, welche hier so genau als möglich dargestellt ist.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß durch die Anfeuchtung des Papiers beim Druck und durch das spätere Trocknen desselben sich geringe Aenderungen in den Dimensionen herausgestellt haben können.

(3)



Die Birmingham-Blechlehre ist ein Stahlblech von etwa 4$^3/_4$ Zoll preußisch lang und etwas über 1 $^1/_2$ Zoll breit, bei 2 Linien Dicke, sie enthält 26 Einschnitte von verschiedenen Breiten, welche ebenso viel Nummern der Blechstärke darstellen. Nr. 1 ist die stärkste Nummer von etwa 3 $^1/_2$ Linien preußisch. Nr. 26 ist die schwächste Nummer von etwa $^1/_4$ Linie. Man paßt die zu messenden Bleche in die Einschnitte hinein, bis sie in einem derselben möglichst genau Platz finden, die Nummer dieses Einschnitts giebt die Nummer der Blechstärke.

Die Länge und Breite der Bleche richtet sich meist nach der Verwendung, zu welcher sie bestimmt sind. Die schweren im Handel vorkommenden Bleche sind nicht über 4 $^1/_2$ Fuß lang; größere Längen von 5 bis 6 Fuß kommen nur bei Kesselblechen von $^5/_8$ Zoll Stärke und abwärts vor. Wenn man noch größere Längen haben will, so kann man dieselben nur auf Bestellung und dann nur in größern Quantitäten zu nicht übertriebenen Preisen erhalten. So sind z. B. zum Brückenbau in Dirschau 8 Fuß lange Blechtafeln bezogen worden.

Nach der Art der Verwendung und nach den Dimensionen, welche die Bleche haben,

pflegt man die Eisenbleche, die im Handel vorkommen, einzutheilen in folgende Sorten:

a) Kesselbleche,

b) Sturzbleche,

c) Dünneisen (Kleineisen, Faßblech).

a) Die Kesselbleche aus Staffordshire, welche namentlich durch das Haus Jacob Ravené Söhne und Comp. in Berlin eingeführt werden, sind in folgenden Dimensionen vorräthig*).

Tabelle

über die Dimensionen der im Handel vorkommenden englischen (Staffordshire) gewalzten eisernen Kesselplatten (preuß. Maaß).

Dicke in Zollen.	Bezeichnung der Qualität.	Länge und Breite in Zollen.
5/8	FR Best. Best.	30 u. 60, 36 u. 72, 48 u. 48.
1/2	″ Best. Best	24 u. 48, 30 u. 60, 36 u. 72, 48 u. 48.
7/16	″ Best. Best.	24 u. 48, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 72, 48 u. 48.
3/8	″ Best.	24 u. 48, 30 u. 60, 30 u. 66, 30 u. 72, 36 u. 60, 36 u. 72.
5/16	″ Best.	24 u. 48, 30 u. 60, 30 u. 66, 30 u. 72, 30 u. 96, 36 u. 60, 36 u. 72, 36 u. 96, 48 u. 48.
1/4	″ Best.	24 u. 48, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 60, 36 u. 72, 36 u. 96, 48 u. 48.
3/16	″ Best.	24 u. 48, 24 u. 60, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 72, 36 u. 96.
1/8	″ Best.	24 u. 48, 24 u. 60, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 60, 36 u. 72, 36 u. 96.
1/16	″ Best.	24 u. 48, 24 u. 60, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 72, 36 u. 96.
1/12	″ Best.	24 u. 48, 30 u. 60, 30 u. 72, 36 u. 72, 36 u. 96.
Nr. 15. 3/32	″ Best.	24 u. 48, 36 u. 72, 36 u. 96.
″ 16.	″ Best.	24 u. 48, 36 u. 72, 36 u. 96.
″ 17. 1/16	″ Best.	24 u. 48, 36 u. 72.
″ 18.	″ Best.	24 u. 48, 36 u. 72.
″ 19. 1/20	″ Best.	24 u. 48, 36 u. 72.

Andere Dimensionen muß man bestellen.

*) Masch. Thle. I. S. 396.

b) Sturzblech. Unter Sturzblech versteht man die schwächern und kleinern Sorten des unverzinnten Eisenbleches. Dieselben werden gewöhnlich nicht nach Nummern gemessen, sondern dadurch, daß man entweder angiebt wie viel ein Quadratfuß wiegt, oder wie viel Tafeln auf einen Centner gehen. Das Sturzblech kommt entweder als

einfaches Blech (Schloßblech) in Tafeln von 18 Zoll Breite und 24 Zoll Länge, oder als

doppeltes Blech (Doppelblech) in Tafeln von derselben Breite, aber von 30 Zoll Länge vor.

Die Tafeln sind in Packete von je einem Centner Gewicht zusammengepackt. Diese Packete werden durch eiserne Klammern an den Rändern zusammengehalten, deren Gewicht aber in dem Centnergewicht des Bundes mit eingerechnet ist. Solche Blechbunde enthalten je nach der Blechstärke 2, aufwärts bis zu 75 Blechtafeln. Von dem stärksten Sturzblech wiegt der Quadratfuß 18 Pfund 10 $1/2$ Loth preußisch, von dem schwächsten, welches 75 Tafeln auf den Centner enthält, wiegt der Quadratfuß nur 15 $1/2$ Loth.

c) Dünneisen, Kleineisen oder Faßblech genannt, kommt gewöhnlich in Fässern oder Kisten verpackt in den Handel; es sind dies diejenigen Blechsorten, welche zur Weißblechfabrikation bestimmt sind. Man überzieht dieselben mit einer Lage von feinem und gutem englischen Zinn und in dieser Gestalt heißen sie Weißbleche.

Die im Handel vorkommenden Weißbleche sind gewöhnlich in Kisten verpackt; man unterscheidet nach der Größe der Tafeln:

1) deutsches und englisches Weißblech in Tafeln von 14 $1/2$ Zoll Länge 9 $3/4$ Zoll Breite.
2) Pontonbleche in Tafeln von 16 $1/2$ Zoll Länge und 12 $1/2$ Breite und
3) langes Weißblech in Tafeln von 8 $3/4$ Zoll Länge und 9 $3/4$ Zoll Breite.

Eine Kiste gewöhnlicher Weißbleche enthält 225 Tafeln, eine Kiste der unter Nr. 2 und 3 aufgeführten Sorten aber nur 112 Tafeln. Jede der drei genannten Blechgrößen kommt in vier verschiedenen Dicken vor, nämlich:

a) Drei-Kreuz-Bleche.
b) Zwei-Kreuz-Bleche.
c) Einfache Kreuz-Bleche.
d) Vorderbleche.

Die Drei-Kreuzbleche sind die stärkste, die Vorderbleche die schwächste Sorte. Zum Dachdecken nimmt man gewöhnlich Zwei-Kreuzbleche und einfache Kreuzbleche.

Seit einigen Jahren wendet man zu manchen Gegenständen wellenförmig gekrümmte ∿∿ Eisenbleche an, namentlich zum Dachdecken, auch zu andern Bauconstructionen. Dieselben werden namentlich in England fabrizirt und kommen theils als Schwarzblech, theils auf galvanischem Wege verzinnt in den Handel.

Darstellung der Bleche durch Hämmern.

Das Ausschmieden der Eisenbleche unter Hämmern ist ein ziemlich unvollkommenes Verfahren, da es sehr schwer ist, die Bleche durchweg von gleicher Dicke

und gehörig glatt und eben herzustellen. Die Blechhämmer sind Schwanzhämmer von 100 bis 600 Pfund Gewicht, sie werden gewöhnlich durch Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt, haben eine länglich viereckige Bahn von Stahl und einen Ambos mit ähnlicher Bahn. Die größere Abmessung der Bahn, deren Dimensionen von 6 bis etwa 15 Zoll Länge und von 1 bis 7 Zoll Breite betragen, liegt in der Richtung des Hammerstieles, über die kleinere Abmessung sind Hammerbleche und Ambos etwas gewölbt; die Hubhöhe ist 18 bis 25 Zoll und die Zahl der Schläge 100 bis 150 in der Minute. Die erforderliche Betriebskraft ist vier bis sechs Pferdekraft.

Darstellung der Eisenbleche durch Walzen.

Die Darstellung der Eisenbleche durch Walzen ist ein Verfahren, daß bei weitem besser und auch mehr im Gebrauch ist, als das Schmieden der Bleche.

Die Walzwerke zur Fabrikation der Eisenbleche sind ähnlich eingerichtet, wie diejenigen zur Stabeisenfabrikation, nur daß die Walzen selbst vollkommen cylindrisch und glatt sind. Das zu Blechen bestimmte Eisen muß sehr gut gepuddelt, möglichst rein und zähe sein, es wird nach der in §. 19 beschriebenen Weise vorbereitet, entweder unter Walzen oder unter dem Hammer, nur achtet man darauf, daß die Packete von Anfang an schon möglichst flach ausgereckt werden.

Die Walzen von Hartguß und abgedreht haben 15 bis 18 Zoll Durchmesser und je nach der Breite der darzustellenden Blechtafeln eine Länge von $3\frac{1}{2}$ bis 6 Fuß; die untere Walze liegt in festen Lagern, die obere Walze ist verstellbar. Wenn die Blechtafel durch die Walzen durchgegangen ist, wird die obere Walze durch Stellschrauben der untern genähert, so daß allmählig der Zwischenraum zwischen den Walzen abnimmt, und dadurch die gewalzte Tafel immer dünner, aber auch immer mehr ausgereckt wird. Je kleiner der Durchmesser der Walzen ist, im Vergleich zu der Dicke des zu walzenden Stückes, desto schwerer zieht dasselbe unter, aber desto mehr wird es gestreckt.

Das Ausrecken erfolgt immer nach derjenigen Richtung, in welcher die Tafel durch die Walzen sich bewegt, in höherem Maaße, als nach der Dimension, welche parallel mit der Axe der Walzen ist; wenn man daher quadratische Bleche walzen will, so muß man dieselben abwechselnd nach der einen und nach der andern Richtung durch die Walzen gehen lassen.

Durch das Ausrecken unter dem Walzwerk wird das Eisen hart und spröde; man muß daher die Blechtafeln, wenn sie fertig gewalzt sind, noch einmal in besondern Glühöfen ausglühen, d. h. rothwarm machen und dann langsam abkühlen lassen.

Stärkere Bleche, wie z. B. Kesselbleche, werden in einzelnen Tafeln fertig gewalzt, nach dem Ausglühen in den richtigen Dimensionen mittelst Scheeren, die durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt werden, gehörig beschnitten. Bleche von geringern Dicken werden in sogenannten Sturzen gewalzt, woher sich auch der Name Sturzblech (s. oben) schreibt.

Um Sturzbleche herzustellen, werden die Eisenpackete zu breiten und dünnen

Stäben ausgewalzt; diese Stäbe schneidet man in Stücke von angemessener Länge, und bringt diese in glühendem Zustande unter die Walzen, und zwar so, daß die Richtung ihrer Länge mit den Axen der Walzen parallel ist, daß also ihre ursprüngliche Breite nachher die Längendimension des Bleches giebt. Nachdem die Blechtafel bis zu einer gewissen Dicke ausgewalzt ist, biegt man sie in der Mitte zusammen, so daß man später aus einem Stück zwei Tafeln erhält. Eine solche umgebogene Tafel heißt ein Sturz; man steckt nun so viel Sürze ineinander, als erforderlich sind, um ein Packet von einem Centner zu bilden, wobei man die Oberflächen mit einem Lehmbrei (Hahnenbrei) bestreicht, damit sie nicht zusammenschweißen. Nun zieht man von Neuem die Stürze durch die Walzen, wobei immer die Biegung (der Saum) vorangeht. Wenn die Bleche kalt geworden sind, muß man sie wieder ausglühen, um sie weiter ausstrecken zu können; nach jedem Ausglühen wird der Glühspahn abgeklopft, damit er sich nicht in die Oberfläche einwalzt, und dieselbe rauh und unansehnlich mache. Wenn der Walzprozeß vollendet ist, werden die Sturze an den Rändern beschnitten, dadurch in einzelne Tafeln getheilt, selbige nochmals ausgeglüht und in Packete gebunden, indem man über die Ränder eiserne Klammern schiebt. Zuweilen werden die Blechtafeln noch, um sie recht glatt zu machen und um sie besser bündeln zu können, unter eine Presse Packetweise gepreßt.

Der Abbrand an Eisen bei dem Blechwalzen beträgt bei den Sturzblechen etwa 6 Procent, der Abgang an Abschnitten außerdem noch 22 bis 44 Procent des in Verarbeitung gegebenen Eisens, so daß 100 Centner Eisen nur 72, oft sogar nur 50 Ctr. Eisenblech liefern.

Die Blechwalzwerke haben etwa folgende Constructions-Verhältnisse: *)

Für Bleche von	Länge der Walzen.	Durchmesser der Walzen.	Durchmesser der Zapfen.
15 Zoll breit	19 Zoll	9 1/4 Zoll	6 1/4 Zoll
34 " "	38 Zoll	14 Zoll	9 1/4 Zoll
50 " "	56 Zoll	18 1/2 Zoll	11 1/2 Zoll
70 " "	76 Zoll	23 Zoll	13 1/2 Zoll.

Die Geschwindigkeit der Walzen richtet sich vorzugsweise nach der Dicke der Bleche; man giebt die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute:

für dünne Bleche . . . . . 40 bis 45
" mittlere " . . . . . 25 " 30
" starke " . . . . . 20 " 22.

Die Betriebskraft richtet sich nach dem Querschnitt der Bleche.
Für Bleche von 70 Zoll Breite und 5/8 Zoll Dicke 60 Pferdekraft
" " " 38 " " " 1/4 " " 40 "
" " " 20 " " " 1/8 " " 20 "

Die wöchentliche Produktion beträgt für jede Pferdekraft etwa 5 Centr. Blech.

*) Nach Redtenbacher's Resultaten für den Maschinenbau.

Die aus England bezogenen Bleche zeichnen sich durch ein besonderes sauberes und glattes Ansehen aus; sie sind von dorther im Allgemeinen in den größten Dimensionen und in schweren Platten zu beziehen.

Die in Deutschland erzeugten Bleche enthalten meist sehr gutes Eisen, da man dazu hier gewöhnlich bei Holzkohlen erblasenes und gepuddeltes Eisen anwendet; sie haben nicht immer ein so gutes Ansehen, als die englischen Bleche, da man in vielen Walzwerken noch nicht so vorzügliche Hartwalzen hat, wie in England, auch werden in Deutschland die Bleche nicht in so großen Dimensionen angefertigt (gewöhnlich nicht über 4 Fuß, selten und nur dünne Bleche bis zu 5 Fuß Länge). Mit den englischen Walzwerken hinsichtlich der Eleganz der Bleche, der Güte des Fabrikats und der Dimensionen der Tafeln concurrirt mit Erfolg das Walzwerk von A. Borsig in Moabit, bei Berlin. Dasselbe stellt Kesselböden von 65 Zoll Durchmesser und Blechstreifen von 12 bis 15 Zoll Breite bei 20 Fuß Länge beschnitten her.

§. 22.

Eisendraht.

Die dritte Form, in welcher Schmiedeeisen im Handel vorkommt (§. 19) ist die des Drahtes. *)

Der Eisendraht hat meist einen kreisförmigen Querschnitt, selten kommt er in andern Querschnittsformen vor, etwa mit kreuzförmigem, elliptischem, dreieckigem, halbrundem Querschnitt und andern. Draht, welcher nicht den kreisförmigen Querschnitt hat, heißt Façondraht oder Dessin-Draht.

Die im Handel vorkommenden Drahtsorten werden gewöhnlich mittelst eines Instrumentes gemessen, welches der Blechlehre (S. 106) ähnlich ist, und welches man hier eine Drahtklinke nennt. In England mißt man die Drähte im Allgemeinen nach der Birmingham-Drahtklinke, welche mit der Blechlehre übereinstimmt; bis zu Nro. 1 der Blechlehre, also bis zu einem Durchmesser von etwa $3\frac{1}{2}$ Linien wird das Eisen noch nicht als Draht, sondern als Rundeisen behandelt, von da ab hat man Drahtsorten, welche bis zu äußerst geringen Dicken (von $\frac{1}{200}$ Zoll und darunter) abwärts gehen.

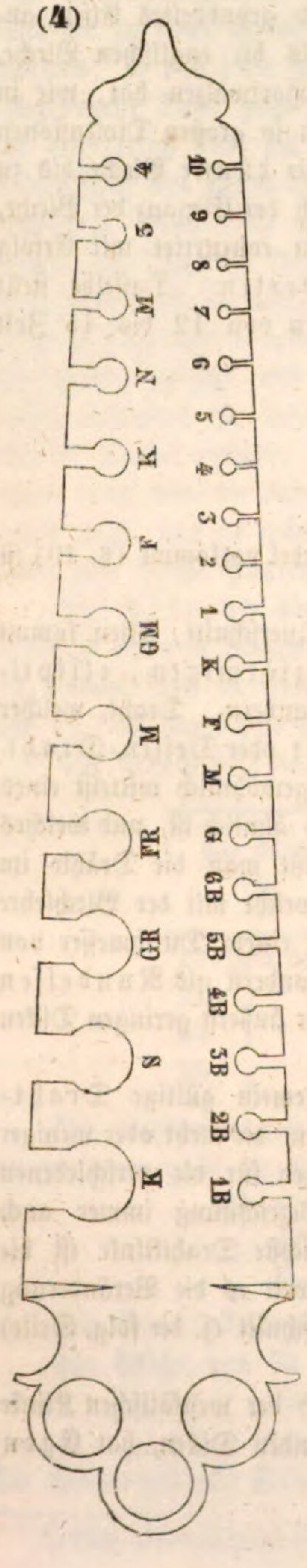
In Deutschland hat man noch nicht eine allgemein gültige Drahtklinke, die meisten Drahthütten haben ihre eigenen Klinken, die mehr oder weniger Nummern enthalten. Man hat aber gewisse Bezeichnungen für die verschiedenen Drahtdicken eingeführt, ohne daß gleichwohl dieselbe Bezeichnung immer auch genau dieselbe Dicke des Drahtes ergebe. Die gebräuchlichste Drahtklinke ist die westfälische, welche hier in möglichster Genauigkeit, soweit es die Veränderung des Papiers durch Anfeuchten beim Druck zuläßt, im Holzschnitt (s. die folg. Seite) wiedergegeben ist.

Die Benennungen der Drahtsorten, wie sie nach der westfälischen Klinke üblich sind, und die den verschiedenen Sorten entsprechenden Dicken, hat Egen

*) Mech. Tech. I. 194 u. s. w.

zusammengestellt und durch Messungen an gut ausgeführten Klinken zu bestimmen gesucht. Diese Messungen, die mit großer Sorgfalt angestellt worden sind, haben ergeben, daß selbst die von ein und demselben Verfertiger fabrizirten Klinken Abweichungen gaben. Die von Egen durch Vergleichung zweier gut ausgeführter Drahtklinken und durch genaue Messungen gefundenen Drahtdicken sind folgende:

(4)



Bezeichnung der Nummer auf den westfälischen Klinken.	Benennung der Drahtsorten der einzelnen Nummern.	Mittlere Dicke des Drahtes in preußischen Linien.	Differenz der Dicken zweier auf einander folgenden Nummern in preuß. Linien.
K.	Kettendraht	3,700	
			0,519
S.	Schleppen	3,181	
			0,308
G. R.	Grober Rinken	2,873	
			0,308
F. R.	Feiner bitto	2,565	
			0,307
M.	Malgen	2,258	
			0,307
G. M.	Grober Memel	1,951	
			0,307
F.	Feiner Memel	1,644	
			0,158
K.	Klink Memel	1,486	
			0,157
N.	Nattel	1,329	
			0,157
M.	Mittel	1,172	
			0,110
3	3 Schilling	1,062	
			0,110
4	4 Schilling	0,952	
			0,109
1 B.	1 Band (ordinärer zwölfriger)	0,843	
			0,109
2 B.	2 Band (kleiner zwölfriger)	0,734	
			0,060
3 B.	3 Band (ordinärer feiner)	0,674	
			0,060
4 B.	4 Band (kleiner feiner)	0,614	
			0,060
5 B.	5 Band (ordinäre Stalen)	0,554	
			0,060
6 B.	6 Band (feinre Stalen)	0,494	
			0,059
G.	Gemein oder 7 Band	0,435	
			0,036
M.	Ordinär Münster	0,399	
			0,036
F.	Feiner Münster	0,363	
			0,036
K.	Kleine Gattung	0,327	
	Kleine Garinge.		
			0,035
1	1 Holls	0,292	
			0,035
2	"	0,257	

Bezeichnung der Nummer auf den westfälischen Klinken.	Benennung der Drahtsorten der einzelnen Nummern.	Mittlere Dicke des Drahtes in preußischen Linien.	Differenz der Dicken zweier auf einander folgenden Nummern in preuß. Linien.
			0,035
3	3 Holls.	0,222	0,025
4	4 "	0,197	0,024
5	5 "	0,173	0,024
6	6 "	0,149	0,024
7	7 "	0,125	0,024
8	8 "	0,101	0,006
9	9 "	0,095	0,005
10	10 "	0,090	

Der Draht kommt in Ringen gewickelt in den Handel. Ein Ring Draht wiegt immer 10 Pfund, doch giebt es auch „halbe Ringe", die freilich ebenso gestaltet sind, wie die ganzen Ringe, aber nur fünf Pfund wiegen. In einem Ringe ist nicht jedesmal eine kontinuirliche Länge des Drahtes vorhanden, sondern, namentlich bei feineren Sorten, mehrere Enden.

Die Drahtringe der feinen Drähte sind durch Binde-Drähte zusammengebunden, und je nachdem ein, zwei oder mehrere solcher Bindedrähte angewandt zu werden pflegen, heißt der Draht „Einband", „Zweiband", u. s. w. (s. obige Tabelle). Die zum Rohren bei Maurerarbeiten angewandten Drähte sind gewöhnlich Zwei- auch Drei-Banddrähte.

Die französischen Drahtsorten werden fast allgemein nach der Drahtklinke von Limoges gemessen. Diese Klinke hat im Ganzen 25 Nummern, indem sie von Nummer 0, welches die feinste Sorte ist, bis zu Nummer 24, welches die gröbste Sorte ist, steigt. Folgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht der Drahtsorten nach der Klinke von Limoges.

Nummer der Klinke von Limoges.	Dicke des Drahtes in Millimeter.	Differenz der Dicken zweier auf einander folgenden Nummern in Millimeter.	Länge in Meter eines Zollpfundes (½ Kilogramm) Draht.	Bemerkungen.
Nr. 0	0,40		324,84	
" 1	0,50	0,10	207,90	
" 2	0,60	0,10	166,32	
" 3	0,70	0,10	135,13	
" 4	0,80	0,10	119,54	
" 5	0,90	0,10	93,54	
" 6	1,00	0,10	75,76	
" 7	1,10	0,10	62,61	

Nummer der Klinke von Limoges.	Dicke des Drahtes in Millimeter.	Differenz der Dicken zweier auf einander folgenden Nummern in Millimeter.	Länge in Meter eines Zollpfundes (½ Kilogramm) Draht.	Bemerkungen.
Nr. 8	1,25	0,15	49,13	
„ 9	1,40	0,15	38,66	
„ 10	1,50	0,10	33,68	
„ 11	1,65	0,15	27,46	
„ 12	1,80	0,15	23,39	Klingeldraht.
„ 13	1,90	0,10	20,97	
„ 14	2,00	0,10	18,98	
„ 15	2,10	0,10	17,18	
„ 16	2,50	0,40	11,92	
„ 17	2,90	0,40	9,10	Zu Drahtstiften und Draht-
„ 18	3,30	0,40	6,73	sieben.
„ 19	3,80	0,50	5,24	
„ 20	4,40	0,60	3,91	Draht zu Sophafedern.
„ 21	5,00	0,60	3,03	
„ 22	5,60	0,60	2,41	
„ 23	6,30	0,70	1,91	
„ 24	7,00	0,70	1,55	

Der zu den Kratzen der Spinnmaschinen benutzte Draht hat eine besondere Klinke, deren Nummerfolge gerade in entgegengesetztem Sinne geordnet ist, nämlich so, daß die höchsten Nummern den feinsten Draht bezeichnen. Nr. 8 der Klinke für Kratzendraht ist 1 Millimeter dick, Nr. 30 dagegen nur $^3/_8$ Millimeter.

Die Bedingungen eines guten und fehlerfreien Drahtes sind im Allgemeinen folgende:

a) durchweg gleiche Dicke und gleiche Querschnittsform;
b) glatte und reine Oberfläche, welche frei von Rissen, Furchen und Schiefer ist;
c) durchweg festes und gleichmäßiges Gefüge ohne unganze Stellen;
d) möglichst große Zähigkeit und Biegsamkeit.

Der in Deutschland fabrizirte Eisendraht besitzt diese Eigenschaften in hohem Grade, auch wird in Deutschland der Draht in feineren Nummern dargestellt, als in England. Man verwendet zum Draht sowohl gefrischtes als gepuddeltes Eisen, jedenfalls muß man besonders gutes und reines Eisen dazu anwenden.

Die Darstellung der feinern Drahtsorten geschieht immer aus den gröbern, indem man mittelst sogenannter Scheiben oder Leiern den Draht durch entsprechende enge Oeffnungen hindurchzieht, denselben dabei ausreckt und dehnt. Hierbei werden die einzelnen Elemente desselben in einen engeren Querschnitt eingezwängt und müssen folglich der Länge nach sich ausstrecken.

Wenn hiernach die feinern Drahtsorten immer in derselben, weiter unten näher zu besprechenden Weise dargestellt werden, so ist doch die Erzeugung der gröbern Sorten, oder die Vorarbeit für die Drahtziehbänke (Feinscheiben, Feinzügerbänke) nicht überall dieselbe und man kann in dieser Beziehung für die der Darstellung der feinen Drahtsorten vorhergehenden Arbeiten folgende Stadien der Fabrikation unterscheiden:

1) Herstellung der Stäbe, aus welchen Drähte gemacht werden sollen.
2) Herstellung der gröbsten Drahtsorten bis etwa zu einem Durchmesser von 3,7 Linien („Ketten" der westfälischen Klinke) oder auch 3,5 Linien.

Hieran schließt sich sodann:

3) das Ausziehen der feinen Drahtnummern aus den gröbern Sorten.

ad 1. Die Herstellung der Stäbe, aus welchen Drähte gemacht werden sollen, geschieht entweder durch Schmieden, oder durch Walzen, oder durch Spalten. (Zerschneiden von Platten.) Das Ausschmieden des Eisens bis zu einer entsprechend geringen Dicke, um es der eigentlichen Drahtfabrikation zu unterwerfen, ist jetzt wenig mehr im Gebrauch, da es eine mühsame und zeitraubende Arbeit ist, ebenso wendet man das Zerschneiden von Platten in schmale Streifen, die man dann dem weitern Verfahren unterwirft, für Eisendraht nicht häufig an, so vortheilhaft das Verfahren übrigens für die Darstellung von Kupferdraht, Messingdraht u. s. w. ist. Der aus solchem „gespaltenen" Eisen gezogene Draht zeigt mehr Bruchstellen und hat im Allgemeinen geringere Festigkeit. Das gegenwärtig üblichste Verfahren, um die Stäbe zur Drahtfabrikation herzustellen, ist das Walzen derselben.

Die zur Drahtfabrikation zu verwendenden Stäbe sind quadratisch von $^3/_4$ bis 1 Zoll Seite, und werden kalt mittelst einer durch Wasser- oder Dampfkraft bewegten Scheere in Längen von etwa zwei Fuß zerschnitten. Man wählt dazu das beste und weichste Eisen, und übergiebt diese Stäbe dem zweiten Stadium der Fabrikation.

ad 2. Um diese Eisenstäbe von $^3/_4$ bis 1 Zoll Seite in Draht der gröbsten Art zu verwandeln, wendet man gegenwärtig fast überall Walzen an. Früher wurden die Stäbe durch fortgesetztes Schmieden bis zu einer Dicke von etwa $^1/_3$ Zoll ausgereckt. Dies sehr wenig ökonomische Verfahren ist durch die Anwendung des Drahtwalzwerkes fast ganz beseitigt worden. Das Drahtwalzwerk ist sehr ähnlich eingerichtet wie das Feineisenwalzwerk; es hat meistens drei übereinander liegende Walzen, so daß die zu walzenden Stäbe „hin" zwischen der obersten und der mittlern Walze, und „zurück" zwischen der mittlern und der untern Walze durchgezogen werden. Die Einschnitte der Walzen sind so, daß immer die correspondirenden Einschnitte zweier Walzen stufenweise enger werdende Oeffnungen bilden. Die ersten und größten Oeffnungen sind quadratisch, die vorletzte elliptisch und die letzte kreisförmig. Mit Rücksicht darauf, daß das Eisen immer länger wird und auch immer noch abkühlt, sind anfangs die Differenzen der Oeffnungen am größten und nehmen nach und nach ab. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht passender Dimensionen der Oeffnungen, und der dadurch bewirkten allmähligen Ausreckung.

Nummer und Form der Oeffnungen zwischen den Walzen.	Dimension der Oeffnung. Linien.	Differenz. Linien.	Querschnitt der Oeffnung. □Linien.	Differenz. □Linien.	Länge des Eisens nach dem Durchgang. Fuß.	Differenz. Fuß.
Eingebrachte Eisenstäbe . . .	12		144		2	
Nr. 1 quadratisch	10,0	2	100	44,00	2,88	0,88
„ 2 desgl.	8,4	1,6	70,56	29,44	4,08	1,20
„ 3 desgl.	7,2	1,2	51,84	18,72	5,56	1,48
„ 4 desgl.	6,2	1,0	38,44	13,40	7,50	1,94
„ 5 desgl.	5,4	0,8	29,16	9,28	9,90	2,40
„ 6 desgl.	4,8	0,6	23,04	6,12	12,50	2,60
„ 7 desgl.	4,3	0,5	18,49	4,55	15,57	3,07
„ 8 desgl.	3,9	0,4	15,21	3,28	18,93	3,36
„ 9 desgl.	3,5	0,4	12,25	2,96	23,51	4,58
„ 10 desgl.	3,2	0,3	10,24	2,01	28,12	4,61
„ 11 elliptisch	{4,7 / 2,7}		9,96	0,28	28,91	0,79
„ 12 kreisförmig	3,5		9,62	0,34	30,00	1,09

Die beiden letzten Oeffnungen recken den Draht wenig mehr aus, geben ihm vielmehr nur noch die Form.

Uebrigens sind die quadratischen Oeffnungen so geordnet, daß die eine Diagonale des Quadrates horizontal oder parallel mit der Axe der Walzen, die andere vertikal oder radial zu den Walzen ist. Bei der elliptischen Oeffnung ist die größere Axe horizontal.

Der zu walzende Draht wird bei jedem Einbringen in einen neuen Abschnitt um 90 Grad gedreht, nur beim Uebergange zum elliptischen Einschnitt geschieht die Drehung nicht, wohl aber wieder von diesem zum kreisförmigen Einschnitte.

Man walzt das Eisen auch wohl noch dünner aus, und es ist für die Förderung der Arbeit zweckmäßig, wenn man das Auswalzen bis zu einer Dicke von 3 Linien fortsetzt.

In diesem Falle muß man aber zum Auswalzen nicht die elliptischen oder kreisförmigen Oeffnungen brauchen, sondern man muß hinter Nr. 10 der vorigen Tabelle noch zwei Nummern quadratische Oeffnungen einschalten, so daß für diesen Fall von Nr. 10 an folgende Werthe gelten.

Nummer und Form der Oeffnung zwischen den Walzen.	Dimension der Oeffnung. Linien.	Differenz. Linien.	Querschnitt der Oeffnung. □Linien.	Differenz. □Linien.	Länge des Eisens nach dem Durchgang. Fuß.	Differenz. Fuß.
Nr. 10 quadratisch	3,2		10,24		28,12	
„ 11 desgl.	3,0	0,2	9,00	1,24	32,00	3,88
„ 12 desgl.	2,8	0,2	7,84	1,16	36,73	4,73
„ 13 elliptisch	{4,0 / 2,3}	—	7,23	0,61	39,83	3,10
„ 14 kreisförmig	3,00	—	7,07	0,04	40,73	0,90

Die Walzen haben 18 bis 24 Zoll Länge und 8 bis 9 Zoll Durchmesser, sie machen 225 bis 250 Umdrehungen in einer Minute, so daß der Draht etwa mit 9 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde durchgezogen wird. Das Eisen wird fast weißglühend zwischen die Walzen gebracht und nach etwa einer Minute ist die Operation vollendet; der gewalzte Stab ist dann noch rothglühend und wird auf einen Haspel, welcher aus vier auf einem Kreuze stehenden Stäben besteht, ringförmig aufgewickelt, nach dem Erkalten gebeizt, damit er blank wird, und gelangt sodann zu dem dritten Stadium der Fabrikation.

ad 3. (S. 115). Die Darstellung der Drähte aus den Stäben, deren Fabrikation eben beschrieben worden ist, geschieht durch das Drahtziehen. Man unterscheidet den Zangenzug und den Scheibenzug (Zug auf Drahtleiern). Der Zangenzug ist nur bei den groben Drahtsorten etwa bis 2½ Linien abwärts anwendbar, bei feinern Nummern wendet man immer den Scheibenzug an. Die unvollkommene Fabrikation des Zangenzuges, wobei der Draht von einer Zange erfaßt, eine gewisse Strecke durchgezogen, dann losgelassen und an einer dem Zieheisen näher liegenden Stelle von Neuem erfaßt und weiter gezogen wird, ist gegenwärtig fast ganz aufgegeben worden, theils wegen der Unregelmäßigkeit des Betriebes, die in dem absatzweisen Arbeiten liegt, theils wegen der sogenannten „Zangenbisse", welche durch das Anfassen der Zange an verschiedenen Stellen des Drahtes entstehen. Die jetzt fast ausschließlich, wenigstens in größern Drahthütten, gebräuchliche Darstellungsart des Drahtes ist das Ziehen desselben auf Drahtscheiben, (Drahtleiern, Leierwerke, Leierbänke).

Die wesentlichen Bestandtheile einer Drahtleier sind:

a) das Zieheisen;

b) der Hut;

c) die Scheibe oder Rolle.

Das Zieheisen ist eine Platte von Stahl oder von eingesetztem Eisen, im ersten Falle entweder gehärtet oder ungehärtet; dieselbe enthält mehrere Oeffnungen, welche die Querschnitte, die der Draht bekommen soll, darstellen. Die Zieheisen für die gröbern Drahtsorten sind 18 bis 24 Zoll lang, 6 bis 8 Zoll hoch und etwa 1 Zoll dick; die für die feinern Sorten sind 3 bis 6 Zoll lang, 1½ bis 2 Zoll hoch und etwa ¼ bis ⅜ Zoll dick. Das Zieheisen wird zwischen zwei Paar aufrecht stehende Stifte des Werktisches von oben her eingelegt, links von demselben

ist ein vertikalstehender Dorn, auf welchen der Hut, d. i. ein kegelförmiger Korb, aus Stäben bestehend, entweder von Holz oder von Eisen, aufgesetzt wird; auf den Hut steckt man den Drahtring, welcher zu einer dünnern Sorte ausgezogen werden soll und der nach und nach beim Fortschreiten der Operation von dem Hut, indem dieser sich um den Dorn dreht, abgehaspelt wird. Die Löcher im Zieheisen sind nach der Seite des Hutes ein wenig erweitert, oft auch an der entgegengesetzten Seite, so daß der kleinste Durchmesser in der Mitte ist. Das Drahtende wird mittelst einer Feile oder durch Hämmern zugespitzt, durch die entsprechende Oeffnung im Zieheisen durchgesteckt und gelangt zu der Drahtscheibe oder Rolle. Diese besteht in einem niedrigen Cylinder, dessen Axe vertikal steht und durch das Wasserrad oder die Dampfmaschine in Umdrehung gesetzt wird. Man ist durch eine einfache Vorrichtung, die gewöhnlich mit Hilfe eines Trittbrettes mit einer rotirenden Welle gekuppelt werden kann, im Stande die Scheibe mit der Axe zu kuppeln und dadurch mit in Umdrehung zu setzen, oder diese Kuppelung zu lösen und dadurch die Scheibe in Stillstand zu bringen. Die Scheibe hat unten einen vorspringenden Rand, über demselben in dem Cylindermantel eine ringförmige Nuthe, in welcher eine Gelenkkette liegt, die mit dem einen Ende an der Scheibe befestigt ist, während das andere Ende eine Zange trägt, deren Schenkel sich kreuzen und so eingerichtet sind, daß durch eine Spannung der Kette die Zange geschlossen wird. In diese Zange klemmt man das durch das Zieheisen gezogene Drahtende, setzt durch einen Fußtritt auf das Trittbrett die Scheibe in Umdrehung und indem nun zuerst das Kettenende, dann der durch die Zange mit demselben zusammenhängende Draht auf die Scheibe aufgewickelt wird, muß der Draht durch das Zieheisen nachfolgen und sich von dem Hut abwickeln. Ist der Draht vollständig ausgezogen, so bringt man die Scheibe in Stillstand und nimmt den Drahtring ab. Um dies aber bewirken zu können, ist gewöhnlich die cylindrische Scheibe in einer, mit der Dreharxe parallelen Ebene getheilt, d. h. es ist der Cylinder in zwei Segmente zerlegt, in ein größeres und in ein kleineres; beide hängen unten zusammen, klaffen aber oben in einem breiten Spalt auseinander. In diesem Spalt steckt während des Drahtziehens ein Keil, so daß die beiden Segmente sich nicht nähern können; soll aber der Drahtring von der Scheibe abgenommen werden, so zieht man den Keil heraus, drückt das kleinere Segment oben gegen das größere und vermindert so die äußere Peripherie der Scheibe, wodurch ein leichtes Abstreifen des Drahtringes möglich ist.

Die Drahtscheiben, auf welchen Draht bis zu der Sorte „Mittel" der westfälischen Klinke (1,172 Linien Dicke) ausgezogen wird, pflegt man Grobscheiben oder Grobzügerbänke, diejenigen zur Darstellung der Drahtnummern, welche feiner als „Mittel" sind, Feinscheiben oder Feinzügerbänke zu nennen.

Beide unterscheiden sich nicht in der Construction, sondern nur in den Verhältnissen und Dimensionen. Je dicker der Draht ist, desto steifer ist er und desto größer muß der Durchmesser der Drahtscheibe sein, auf welche er sich aufwickeln soll, desto kleiner ist aber auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Draht ausgezogen wird. Man kann in dieser Beziehung folgende Angaben gelten lassen:

Nummern des Drahtes nach der westfälischen Klinke in preußischen Linien.	Geschwindigkeit des Zuges in einer Secunde in Zollen.	Durchmesser der Scheibe.	Umdrehungen in einer Minute.	Betriebskraft für jede Scheibe.
Grobscheibe.				
Ketten bis fein Rinken . . (0,37 bis 2,6 Linien.)	7,79 Zoll	21	7	7 Pferdekraft
Fein Rinken bis Grob-Memel (2,6 bis 2,0 Linien.)	10,79 "	18½	11	5 "
Grobe Memel bis Klink-Memel (2,0 bis 1,5 Linien.)	12,72 "	16	15	4 "
Klink-Memel bis Nattel . (1,5 bis 1,33 Linien.)	16,14 "	14½	21	3¼ "
Nattel bis Mittel . . . (1,33 bis 1,17 Linien.)	18,24 "	12	29	2⅔ "
Feinscheiben.				
Mittel bis Ein-Band . . (1,17 bis 0,84 Linien.)	29,68 "	10	56	2 "
Ein-Band bis Gemein . (0,84 bis 0,44 Linien.)	51,73 "	8	128	1⅙ "

Ueber den Widerstand, welchen der Draht dem Ausziehen entgegensetzt, hat man sehr verschiedene Angaben. Offenbar ist derselbe abhängig von dem Maaß der Ausreckung des Drahtes, d. h. von dem Durchmesser, welcher ausgezogen werden soll und von dem Durchmesser, welchen der Draht erhalten soll. Ferner wird dabei der Zustand des zu ziehenden Drahtes, ob nämlich letzterer ausgeglüht oder hart ist, in Betracht kommen. Dieser letztere Umstand ist, wie es scheint, von Erheblichkeit. Karmarsch fand, daß von zwei Drähten, von denen der eine ausgeglüht, der andere hart war, und welche durch dasselbe Loch von 0,023 Zoll Durchmesser gezogen wurden, wobei sie eine Verdünnung im Verhältniß von 1 : 0,920 erlitten, der harte einen Widerstand von 24½ Pfund, der eben ausgeglühte aber nur 11½ Pfund, also nicht einmal halb so viel ergab.

Durch das Ziehen des Drahtes wird, wenn man die Operation wiederholt in Anwendung bringt, das Material immer härter und dichter, der Widerstand also immer größer, es nimmt dabei zugleich die Elasticität zu, so daß man Draht aus weichem Eisen durch bloßes Ziehen zu einem federnden und ziemlich harten Draht umwandeln kann. (Federdraht zu Springfedern). Diese Zunahme der Elasticität bedingt auch, daß der Draht, nachdem er das Zieheisen passirt ist, sich wieder ausdehnt und dicker wird, und zwar verhältnißmäßig um so mehr, je öfter er hinter einander gezogen worden ist.

Da dieses Ausdehnen der Elemente anfangs schneller, dann aber immer langsamer erfolgt, so würde sich dadurch die Thatsache erklären, welche man beobachtet haben will, daß nämlich Draht noch nach Monaten seine Dicke vergrößert hat.

Jedenfalls ist aber hieraus ersichtlich, wie es kommt, daß der gezogene Draht immer dicker ist, als die Oeffnung des Zieheisens und beim wiederholten Ziehen durch dieselbe Oeffnung immer noch einen gewissen nicht unbeträchtlichen Widerstand darbietet.

Durch das Ziehen des Eisens zu Draht wird außer der Härte und der Elasticität auch die Dichtigkeit (das spezifische Gewicht) und die absolute Festigkeit vermehrt.

Damit die durch das Ziehen hart gewordenen Drähte sich wieder weiter bearbeiten lassen, werden sie ausgeglüht, d. h. bis zur Rothglühhitze erwärmt und dann allmählig abgekühlt. Hierdurch erlangen sie einmal ihre frühere Weichheit und Dehnbarkeit fast vollständig wieder, dann aber wird auch das spezifische Gewicht, sowie die absolute Festigkeit wiederum vermindert. Bei dem Ausglühen nimmt der Durchmesser des Drahtes zu und die Länge vermindert sich in entsprechendem Verhältniß.

Das Ausglühen des Drahtes geschieht in besonderen Glühöfen, es wird bei den stärkeren Drahtsorten wiederholt, wenn sie durch zwei oder drei Löcher gezogen sind, bei den feinern Sorten in größeren Zwischenpausen. Nach jedesmaligem Ausglühen muß der Glühspahn entfernt werden, damit derselbe sich nicht in die Oberfläche eindrückt.

Der Verlust an Material beim Drahtziehen besteht theils in dem Abbrand beim Ausglühen, theils in dem Abreißen kleiner Enden; die Größe dieses Verlustes ist daher wesentlich durch die Feinheit des Fabrikates und durch die Güte des Materials bedingt, derselbe soll selbst bei feinern Drahtnummern nicht höher als auf 10 Procent steigen.

§. 23.

Chemisches Verhalten des Eisens zu andern Körpern.

Das im gewöhnlichen Gebrauch vorkommende Schmiedeeisen ist niemals chemisch rein, sondern enthält theils mechanisch, theils chemisch gebunden noch mehr oder weniger fremde Stoffe, namentlich Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Kiesel, Arsenik, Chrom, Titan, Magnesia, Mangan und Thonerde, welche bald einzeln, bald in Combinationen mehrerer, freilich immer nur in äußerst geringen Quantitäten das Eisen verunreinigen. Zuweilen findet man im Schmiedeeisen auch Spuren von Stickstoff, aber, wie die sorgfältigsten Untersuchungen gezeigt haben, nicht Sauerstoff, obwohl man früher glaubte, daß dieser, wie der Kohlenstoff, ein unzertrennlicher Begleiter des Eisens sei.

Nach Analysen von Gay-Lussac, Wilson und nach neuern Analysen von Miller ergeben verschiedene Schmiedeeisensorten folgende Bestandtheile:

Auf 100 Theile Eisen.	Kohlenstoff.	Kiesel.	Phosphor.	Mangan.
Schwedisches Eisen:				
I. Sorte	0,293	Spuren	0,077	Spuren
desgleichen	0,240	0,025	Spuren	desgl.
Stabeisen von Creusot	0,159	Spuren	0,412	desgl.
" a. d. Champagne . . .	0,193	0,015	0,210	desgl.
" aus altem Eisen . . .	0,245	0,020	0,160	desgl.
" von Berry	0,162	Spuren	0,177	desgl.
" von der Mosel . . . . (brüchig.)	0,144	0,070	0,510	desgl.

Miller hat Staffordshire-Eisen untersucht und zwar sowohl kaltbrüchiges als rothbrüchiges, leider aber fehlt die Untersuchung des fehlerfreien. Die Analysen ergeben in 100 Theilen des untersuchten Eisens folgende Nebenbestandtheile:

Staffordshire-Eisen *).

	Rothbrüchig.	Kaltbrüchig.
Kohlenstoff	0,245	0,275
Kiesel	0,232	0,288
Kupfer	0,000	0,041
Schwefel	0,016	Spuren
Phosphor	0,011	0,337
Calcium	Spuren	—
Kalium	Spuren	Spuren
	0,504	0,941
Spez. Gewicht . .	7,426	7,921.

Das chemische Symbol für das Eisen ist Fe (ferrum), das Atomgewicht: 339,205; wenn das des Sauerstoffes gleich 100 genommen wird; in dem System aber, welches das Atomgewicht des Wasserstoffes gleich 1 setzt, ist dasjenige des Eisens in runder Zahl 28,0.

a) Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff.

Mit dem Sauerstoff geht das Eisen zwei Verbindungen ein, welche aber unter sich wieder Combinationen bilden, so daß man in Wirklichkeit vier Eisen-Sauerstoff-Verbindungen zu unterscheiden pflegt. Die niedrigste derselben ist das Eisenoxydul, welches aber weder im natürlichen Zustande vorkommt, noch sich auf künstlichem Wege darstellen läßt, ausgenommen als Hydrat. Die

*) Aus den Repport of the 18[the] meeting of the Brittish assoc. etc. durch das Journal für praktische Chemie Bd. I. S. 430 und durch das polytechnische Centralblatt 1851. S. 60.

zweite Stufe der Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff ist der sogenannte Hammerschlag oder Glühspahn, welcher sich bildet, indem die atmosphärische Luft über glühendes Schmiedeeisen streicht, z. B. beim Erhitzen des Schmiedeeisens in Flammöfen und beim Schmieden. Derselbe bildet eine schwarze, schuppige, blättrige Masse, welche beim Hämmern abspringt; spezifisches Gewicht 5,48.

Der Glühspahn wird in hohen Hitzgraden blos gesintert und bildet eine emaillenartige, poröse Schlacke, wenn aber Kieselerde vorhanden ist, so bildet sich eine verglaste schwarze Masse, Hammerschlacke, Frischschlacke (S. 93). Die nächste Stufe der Sauerstoff-Verbindung ist das schwarze Magnet-Eisen (Eisenoxydul-Oxyd), welches als Magneteisenstein in der Natur gebildet vorkommt, und endlich die höchste Stufe derselben ist das Eisenoxyd, welches als Eisenglanz in krystallisirtem Zustande und als Rotheisenstein (rother Hematit) in unkrystallisirtem Zustande in der Natur als Eisenerz vorkommt (S. 63). Das Hydrat des rothen Eisenoxyds ist als brauner Hematit (Brauneisenstein) bekannt.

Die folgende Zusammenstellung giebt die nöthigen Verhältnisse der Eisen-Sauerstoff-Verbindungen.

	Zusammensetzung.		Atome.	Verhältnißzahlen des Sauerstoffs
	Eisen. Sauerstoff.	Eisen. Sauerstoff.	Eisen. Sauerstoff.	
Eisenoxydul . . (Protoxyd.)	0,7723 + 0,2277	100 + 29,48	3 + 6	24
Eisenhammerschlag (Oxydul-Oxyd.)	0,7516 + 0,2474	100 + 32,90	3 + 7	27
Magneteisen . . (Oxydul-Oxyd.)	0,7178 + 0,2821	100 + 39,30	3 + 8	32
Eisenoxyd . . . (Peroxyd.)	0,6934 + 0,3066	100 + 44,22	3 + 9	36.

Die ersten drei Sauerstoff-Verbindungen werden von dem Magnet angezogen, die vierte nicht.

Die Geneigtheit des Eisens sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden, steht im Verhältniß zur Reinheit des Eisens und, wenn auch in geringerem Grade, zur Beschaffenheit der Oberfläche.

Wenn Eisen an der Luft liegt, namentlich an feuchter Luft, so rostet es. Der Rost ist eine Verbindung von Eisenoxydhydrat und kohlensaurem Eisenoxydul; doch enthält er von letzterem um so weniger, je länger er der Luft ausgesetzt gewesen. Weißes Roheisen ist dem Rosten weniger unterworfen, als graues, und dieses, sowie jede andere Sorte Roheisen weniger als Schmiedeeisen.

Reines Wasser, welches vollkommen frei von beigemengter atmosphärischer Luft ist, wirkt auf das Eisen bei gewöhnlichen Temperaturen gar nicht ein; bei einer Temperatur von 50 Grad C. wird das Wasser langsam zersetzt und giebt seinen Sauerstoff an das Eisen ab; bei der Siedehitze des Wassers

(100° C.) erfolgt diese Zersetzung schon in wahrnehmbarer Weise und bei der Rothglühhitze des Eisens findet solche Zersetzung sehr lebhaft statt, der Wasserstoff entweicht und der Sauerstoff verbindet sich mit dem Eisen zu Eisenoxydul-Oxyd (Magneteisen). Bei Zwischentemperaturen scheint die Einwirkung des Wassers auf das Eisen nahezu im directen Verhältniß zur Temperatur zu stehen. In solchen Fällen, wo die Einwirkung des Wassers auf das Eisen bei hohen Temperaturen, und die damit verbundene Oxydation des Eisens, nachtheilig ist (Dampfkessel), kann man das Eisen dadurch schützen, daß man in das Wasser ein Metall bringt, welches größere Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzt, z. B. Zink.

Unreines Wasser wirkt auf das Eisen in sehr verschiedener Weise ein, je nach den Salzen, welche es aufgelöst enthält, und nach den Umständen, unter welchen das Eisen der Einwirkung des Wassers ausgesetzt ist. Seewasser giebt dem Schmiedeeisen (Anker, Ketten) nur eine Oxydhaut an der Oberfläche, deren Dicke mit der Zeit, während welcher das Eisen eingetaucht war, jedoch im abnehmenden Verhältniß wächst; dagegen wird das Gußeisen (Kanonen, Kugeln u. s. w.) durch das Seewasser in eine Masse umgewandelt, die dem Wasserblei oder Graphit sehr ähnlich aussieht, indem sie ein Gemenge von Kohlenstoff mit metallischem und oxydirtem Eisen darstellt. Weißes Roheisen scheint dieser Veränderung weniger unterworfen zu sein, als graues.

Wenn feuchte Luft oder Luft und Wasser gemeinschaftlich auf das Eisen einwirken, so bedingen sie eine viel lebhaftere Oxydation, als einer dieser beiden letztgenannten Körper für sich allein.

Da nun aber das Eisen in den meisten Fällen der Praxis gerade diese beiden Einflüsse gleichzeitig zu erleiden hat, so ist es von besonderer Wichtigkeit, Schutzmittel gegen dieselben zu finden. Solche Schutzmittel gegen das Rosten bestehen vorzugsweise nicht allein im Poliren und Blankmachen des Eisens, sondern auch namentlich in denjenigen Mitteln, durch welche das Eisen polirt worden ist und welche sich als sehr dünne Decke in die feinsten Poren desselben einsetzen, die Feuchtigkeit abhalten und den Anfang der Oxydation hindern. So z. B. widersteht eine mittelst Oel polirte Eisenoberfläche dem Rosten weit mehr, als wenn man dieselbe mit Wasser polirt hätte. Dies gilt in noch höherem Grade, wenn das zum Poliren benutzte Oel selbst der Veränderung durch die Einwirkung der Luft hinreichend Widerstand leistet. Eines der besten Schutzmittel dieser Art ist eine Auflösung von Kautschuk in Terpentinöl, welche man auf die polirte Oberfläche aufstreicht und dann wieder entfernt, oder vielmehr zu einer außerordentlich dünnen Lage vertheilt, indem man sie mittelst einer Bürste, die in erwärmtes Terpentinöl eingetaucht worden, abreibt. Ein anderes Mittel, die Oberfläche des Eisens gegen den Rost zu schützen, besteht darin, daß man dieselbe blau anlaufen läßt (s. weiter unten), wozu eine Temperatur von etwa 284 Grad C. nöthig ist, oder indem man die Oberfläche bronzirt. Dies letzte Verfahren besteht darin, daß man die Oberfläche, nachdem sie gehörig gereinigt worden, mit Säuren, namentlich mit sehr verdünnter Salzsäure oder mit Scheidewasser (1 Theil Säure auf 100 Theil Wasser) anstreicht, sie einige Zeit der Luft aussetzt, bis sie sich ganz und gar mit einer dünnen Oxydhaut über-

zogen hat und dann diese letztere mittelst eines Läppchens und Olivenöl abreibt, und zwar so lange bis ein weißes Läppchen nicht mehr geschwärzt wird. Diese Operation kann öfter wiederholt werden. Auf diese Weise werden z. B. Gewehrläufe behandelt. Ueberzüge durch galvanische Niederschläge, welche man neuerdings selbst bei größern blanken Maschinentheilen, welche der Reibung nicht unterworfen sind, anwendet, können nicht füglich in diese Art der Schutzmittel gegen das Rosten gerechnet werden.

Eiserne Oberflächen, welche nicht blank sind, kann man durch das sogenannte Schwarzmachen oder Schwärzen gegen den Rost schützen. Dies besteht im Wesentlichen darin, daß man die möglichst gereinigte Oberfläche, nachdem man sie erwärmt hat, mit einer fettigen Substanz überzieht, namentlich mit Leinöl oder mit Talg. Diese Substanz wird mittelst einer scharfen Bürste gehörig eingerieben und dann zum Abbrennen gebracht. Gröbere Gegenstände macht man glühend und streicht sie dann mit Pech, Talg, Wachs oder Steinkohlentheer an.

b) Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff.

Die Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff sind, wie schon oben erwähnt, von der größten Bedeutung, auch sind schon im §. 14 ziemlich ausführliche Betrachtungen über diejenigen Eisenkohlenstoff-Verbindungen, welche als Roheisen in der Technik bekannt sind, sowie einige Analysen der Roheisensorten mitgetheilt worden.

Es ist schon früher im §. 14 erwähnt worden, daß der Kohlenstoff mit dem Eisen wahrscheinlich sehr mannigfache Verbindungen eingehe und daß außerdem zuweilen auch Kohlenstoff mechanisch dem Eisen beigemengt sei. Die Natur dieser chemischen Verbindungen ist noch nicht wissenschaftlich und detaillirt untersucht worden, man hat sich vielmehr meist darauf beschränkt, den Procentgehalt an Kohlenstoff zu ermitteln, welcher in irgend einer kohlenstoffhaltigen Eisenmasse vorhanden ist, ohne dabei festzustellen, welche verschiedene Combinationen von bestimmten Mischungs-Verhältnissen des Eisens mit Kohlenstoff in derselben sich befinden. Aber gerade auf diese bestimmten Mischungs-Verhältnisse und ihre Combination scheint es anzukommen, ob eine Eisenmasse als Roheisen oder als Stahl u. s. w. betrachtet werden kann.

Wenn man lediglich den Procentgehalt der kohlenstoffhaltigen Eisenmasse in Betracht zieht, so scheint es, daß die Härte des Eisens anfangs mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes zunimmt, jedoch nur so lange, bis der Kohlenstoffgehalt etwa $^1/_{80}$ oder 1,25 Procent der ganzen Masse beträgt. Die Härte erreicht dann ein Maximum, das Metall ist im Bruch fast silberweiß, verliert das körnige Gefüge und geht in eine krystallinische Struktur über. Bei weiterer Zunahme des Kohlenstoffgehaltes nimmt die Härte der Eisenmasse allmählig wieder ab und zwar um so mehr, je größer der Gehalt an Kohlenstoff im Verhältniß zum Eisen ist.

Hiernach läßt sich etwa folgende Scala bilden, welche den Gehalt an Kohlenstoff und Eisen, sowie den Procentgehalt des Kohlenstoffes verschiedener kohlenstoffhaltiger Eisenmassen giebt:

	Zusammensetzung.		Kohlenstoffgehalt in Gewichtstheilen der ganzen Masse.	Bemerkungen.
	Eisen. Kohlenstoff.	Eisen. Kohlenstoff.		
Sehr gutes Schmiedeeisen weich, zähe, biegsam . .	99,75 + 0,25	100 + 0,2506	1/4 % = 1/400	
Hartes Schmiedeeisen	99,50 + 0,50	100 + 0,5051	1/2 % = 1/200	
Stahlartiges Schmiedeeisen	99,33 + 0,67	100 + 0,6745	2/3 % = 1/150	zu Radbandagen.
Weicher, schweißbarer Stahl	99,17 + 0,83	100 + 0,8359	5/6 % = 1/120	zu Federn, Sägen, Sensen ꝛc.
Gußstahl für den gewöhnlichen Gebrauch (schweißbar)	99,00 + 1,00	100 + 1,0101	1 % = 1/100	zu Meißeln,
Sehr harter Gußstahl .	98,89 + 1,11	100 + 1,1224	1 1/9 % = 1/90	Stempeln,
Härteste Combination . (unschweißbar.)	98,75 + 1,25	100 + 1,2658	1 1/4 % = 1/80	Feilen,
Puddelstahl	98,33 + 1,67	100 + 1,6988	1 2/3 % = 1/60	Rasirmessern.
Sehr wenig schmiedbare Combination . . .	98,00 + 2,00	100 + 2,0408	2 % = 1/50	zerfällt glühend unter den
Stahlartiges Roheisen	97,50 + 2,50	100 + 2,5641	2 1/2 % = 1/40	Hammerschlägen.
Blumiges Roheisen . .	96,67 + 3,33	100 + 3,4481	3 1/3 % = 1/30	
Weißgahres Roheisen (Weißeisen.)	96,00 + 4,00	100 + 4,1667	4 % = 1/25	
Halbirtes Roheisen . .	95,00 + 5,00	100 + 5,2631	5 % = 1/20	
Spiegeleisen	94,75 + 5,25	100 + 5,5409	5 1/4 % = 1/19	neutrales
Sehr kohlenstoffreiches Roheisen	93,33 + 6,67	100 + 7,1467	6 2/3 % = 1/15	Roheisen.
Uebergahres (schwarzes) Roheisen	91,67 + 8,33	100 + 9,0869	8 1/3 % = 1/12	

c) Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Phosphor.

Schwefel verbindet sich mit dem Eisen in verschiedenen bestimmten Verhältnissen; diese Verbindungen lassen sich nicht auf künstlichem Wege darstellen, sondern kommen auch in der Natur gebildet vor. Bis zu einem Mischungsverhältniß von 2 Atomen Schwefel auf 1 Atom Eisen, oder etwa 53 Procent Schwefelgehalt, wird die Verbindung von dem Magnet angezogen und bildet den sogenannten Magnetkies. Vier Atome Schwefel auf 1 Atom Eisen giebt den gewöhnlichen Schwefelkies.

Schwefel befördert die Schmelzbarkeit des Eisens ganz außerordentlich, so daß eine Eisenstange oder ein Eisenblech in glühendem Zustande mittelst eines Stückes Schwefel in sehr einfacher Weise (selbst über einen Zoll tief) durchlocht werden kann. Leider aber ist diese Eigenschaft des Schwefels selten in größerem Umfange nutzbar zu machen, da der Schwefel in sehr erheblicher Weise die Eigenschaften des Eisens verdirbt.

Schwefel, verbunden mit Eisen, macht das Eisen brüchig und mürbe bei allen Temperaturen, namentlich aber im rothwarmen Zustande. Der Schwefel ist daher die vorzüglichste Ursache der Rothbrüchigkeit (s. unten).

Die Untersuchungen haben gelehrt, daß $1/_{3000}$ Schwefel hinreicht das Eisen für alle Temperaturen zu verderben und schon $1/_{10000}$ Schwefelgehalt, um dasselbe rothbrüchig zu machen. Dies ist der Grund, weshalb manche Erze und manche Brennmaterialien mit Vortheil zur Eisengewinnung benutzt werden können, und andere sich ganz und gar nicht dazu eignen. Wo der Schwefelgehalt ganz außerordentlich gering ist, kann man ihn theils durch das Rösten der Erze, theils durch einen Ueberschuß an Kalkgehalt in den Zuschlägen, beseitigen.

Sowie der Schwefelgehalt das Eisen rothbrüchig macht, so macht der Phosphor dasselbe kaltbrüchig, wenn auch nicht in dem hohen Grade, wie der Schwefel. Spuren von Phosphor finden sich fast in jedem Schmiedeeisen; übersteigt der Phosphorgehalt nicht $1/_4$ Procent, so wird das Schmiedeeisen durch denselben nur hart, ohne an seiner Zähigkeit und Biegsamkeit zu verlieren, bei $3/_4$ Procent ist jedoch die Biegsamkeit und Streckbarkeit schon sehr merkbar geringer und wenn die Höhe des Phosphorgehaltes 1 Procent erreicht oder übersteigt, so ist das Schmiedeeisen von sehr schlechter Beschaffenheit und höchst geringer Brauchbarkeit. Der Phosphorgehalt vermindert die Wärmecapacität und erleichtert die Schweißbarkeit des Schmiedeeisens, und in analoger Weise macht er das Roheisen leichter flüssig und bewirkt, daß es länger in geschmolzenem Zustande bleibt. Dies ist der Grund, weshalb ein sehr geringer Phosphorgehalt für Gußeisen nicht selten vortheilhaft erscheint.

Phosphor scheint fähig, sich mit dem Eisen in allen Verhältnissen zu verbinden; in hohen Temperaturen jedoch bildet sich nur eine bestimmte Verbindung, nämlich 2 Atome Eisen auf 1 Atom Phosphor oder 0,776 Eisen, 0,224 Phosphor.

Phosphor-Eisen (Eisenphosphor) kommt übrigens in der Natur nicht gebildet vor, es erzeugt sich immer durch einen künstlichen chemischen Prozeß; dagegen kommen phosphorsaure Eisensalze (Phosphate) in der Natur vielfach vor.

Phosphor und Schwefel scheinen sich gegen Eisenkohlenstoff-Verbindungen in ziemlich gleicher Weise zu verhalten, doch sind speziellere Untersuchungen dieses Verhaltens noch nicht bekannt geworden.

d) Wirkung von Säuren auf das Eisen.

Die Einwirkung von Säuren irgend welcher Art auf das Eisen scheint wesentlich bedingt zu sein durch die Gegenwart von Wasser, welches dabei eine Zersetzung erleidet; dies scheint wenigstens aus der Thatsache zu folgen, daß alle wasserfreien oder sehr concentrirten Säuren auf das Eisen viel geringere Wirkungen zeigen als verdünnte und wasserhaltende Säuren. Ebenso ändert der Kohlenstoffgehalt des Eisens den Einfluß der Säuren auf das Eisen, und zwar im Allgemeinen so, daß derselbe das Eisen der Einwirkung der Säuren zugänglicher macht.

Stahl läßt sich z. B. von weichem Eisen leicht unterscheiden durch die

Leichtigkeit, mit welcher derselbe durch Scheidewasser und Salzsäure angegriffen und fleckig geätzt wird; weißes Roheisen ist der Einwirkung dieser Säuren noch leichter zugänglich als Stahl, dagegen ist Schmiedeeisen um so weniger empfänglich, je härter es ist.

Auf dieser Eigenthümlichkeit und auf der Mengung sehr verschiedener Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen in derselben Eisensorte beruht das sogenannte Damasciren gewisser Eisensorten und des Stahles.

Essigsäure wirkt auf Eisenoxyd ziemlich lebhaft, auf Eisenoxydul dagegen langsam ein; das so gebildete essigsaure Eisenoxyd und besonders das essigsaure Eisenoxydul kommt bei der Zeugfärberei, bei der Kattundruckerei und beim Holzfärben in verdünntem Zustande unter der Benennung Eisenbeize, Schwarzbeize (iron-liquor) zur Anwendung.

Gerbsäure (Gallussäure), welche aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff besteht, wirkt auf Eisen und dessen Oxydul nur sehr schwach, oder eigentlich gar nicht ein, dagegen wirkt sie um so lebhafter auf das Eisenoxyd, indem sie eine tiefe schwarze Farbe erzeugt; gallussaures Eisenoxydul-Oxyd bildet den Hauptbestandtheil aller gewöhnlichen schwarzen Tinten.

Kohlensäure wirkt ohne Gegenwart von Wasser gar nicht, weder auf das Eisen noch auf dessen Oxydationsstufen ein, wenigstens nicht im künstlichen Wege, in der Natur dagegen kommen kohlensaure Eisen-Sauerstoff-Verbindungen, namentlich kohlensaures Eisenoxydul als Erze, vielfach vor (s. §. 13).

Die verschiedenen, unter der Benennung Eisenblau oder preußisch Blau, Cyanblau u. s. w. dargestellten Sorten von Farbestoffen sind Verbindungen des Eisens mit Kohlenstickstoff (Cyan), also Cyaneisen, oder mit Kohlenstickstoff und Wasserstoff (Blausäure) blausaures Eisenkali u. s. w.

Phosphorsäure greift das Eisen sehr heftig an, aber nicht die Oxyde desselben, wenigstens nicht bei gewöhnlichen Temperaturen. Das künstlich dargestellte phosphorsaure Eisenoxyd so wenig, als das phosphorsaure Eisenoxydul haben in der Technik bis jetzt eine besondere Anwendung gefunden, dagegen bildet das natürliche Vorkommen dieser Salze eine nicht unbedeutende Gruppe von Mineralien.

Salpetersäure in höchster Concentration hat nur einen geringen Grad von Wirkung auf das Eisen, dagegen wirkt sie in der gewöhnlich im Handel vorkommenden Verdünnung äußerst lebhaft auf das Eisen ein. In Betracht des eigenthümlichen Verhaltens der Salpetersäure gegen die Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen bildet dieselbe gewöhnlich einen Bestandtheil der verschiedenen Aetzflüssigkeiten. So empfiehlt Rinmann, um damascirte Zeichnungen auf Stahlwaaren darzustellen, folgende Aetzflüssigkeit:

4	Gewichtstheile	Salpetersäure,
2	„ „	Salmiak,
1	„ „	Schwefelkupfer,
72	„ „	Wasser.

Wo die Aetzung bis zu einer gewissen Tiefe vorgenommen werden muß, z. B. bei solchen Arbeiten, die nachher mit Silber oder Gold ausgelegt werden

sollen, ist die Salpetersäure nicht zu empfehlen, weil sich das gebildete Eisensalz aus den Vertiefungen schwer entfernen läßt.

Salzsäure wirkt sehr lebhaft auf Eisen und dessen Orydationsstufen und wird mit Vortheil angewandt, um das Eisen gegen das Rosten zu schützen, indem man es mit einer dünnen Haut überzieht, auch um den Rost von der Oberfläche des Eisens zu entfernen (s. oben S. 123 Bronziren des Eisens). Auf Roheisen wendet man die Salzsäure am besten concentrirt an.

Schwefelsäure in verdünntem Zustande und nicht minder schweflige Säure wirken auf das Eisen schon bei gewöhnlichen Temperaturen, aber mit vermehrter Heftigkeit, wenn die Temperatur und bis zu einem gewissen Grade die Verdünnung der Säure zunehmen, schließlich bildet sich dann Schwefel-Eisen. Beide Säuren verbinden sich mit den Oryden des Eisens in verschiedenen Verhältnissen. Das schwefelsaure Eisenorydul krystallisirt mit 44 Procent Wasser in schönen grünen, rhomboidalen Säulen und ist im Handel als Eisenvitriol oder grüner Vitriol (Kupferwasser) bekannt. Wenn man schwefelsaures Eisenorydul in verschlossenen Gefäßen erhitzt, so giebt dasselbe zunächst das Krystallisationswasser ab, und bei fortgesetzter Erhitzung bildet sich nach mancherlei Zersetzungen schließlich reines Eisenoryd, welches im Handel als Colcothar, Todtenkopf, rothe Farbe u. s. w. vorkommt und sowohl zum Anstreichen, als auch zum Putzen von Silberwaaren und zum Poliren von Metallspiegeln gebraucht wird.

e) Wirkung der Alkalien und der alkalischen Erden auf das Eisen.

Auflösungen von Alkalien und alkalischen Erden scheinen auf das Eisen und dessen Oryde keine besondere Wirkung zu zeigen; ihre Gegenwart scheint vielmehr die Zersetzung des Wassers zu erschweren. Bei der Rothglühhitze nimmt das Eisen etwa 10 Procent Ammoniakgas auf, wird dadurch weiß und sehr spröde, aber viel weniger empfänglich für die Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit. Bei derselben Temperatur werden kohlensaures Kali (Pottasche) und kohlensaures Natron (Soda) durch Schmiedeeisen zersetzt; wenn Roheisen mit diesen Alkalien geschmolzen wird, verliert es nach und nach allen Kohlenstoff und verwandelt sich in Schmiedeeisen.

Man hat sonst angenommen, daß die Basen dieser alkalischen Salze keine Verbindungen mit dem Eisen eingehen, oder vielmehr schon verflüchtigt werden, bevor eine Temperatur erreicht worden, bei welcher möglicher Weise eine Verbindung sich bilden könnte. Neuere Untersuchungen scheinen diese Annahme zu widerlegen. Kalium und Natrium z. B. lassen sich auf künstlichem Wege mit dem Eisen verbinden und Magnesium und Calcium werden oft, wenn auch in äußerst geringen Mengen, in dem im Handel vorkommenden Roheisen gefunden. In wie weit dieselben die Eigenthümlichkeit und die Beschaffenheit des Eisens ändern, ist noch nicht vollkommen aufgeklärt. Karsten hat beobachtet, daß $^1/_{2000}$ Gehalt an Kalium das Eisen hart und schwer schweißbar macht, während $^1/_{1000}$ Gehalt an Calcium hinreicht um das Eisen wesentlich zu verschlechtern. Magnesium scheint bei dem Feinmachen und beim Puddeln des Eisens fast

vollständig zu entweichen. Barium äußert auf das Eisen keine andere Wirkung, als daß es den Hohofenprozeß nicht selten erschwert, wenn es in den Erzen oder in den Zuschlägen als schwefelsaurer Baryt gegenwärtig ist.

Die sogenannten Erden, von denen wir nur Kieselerde (Kieselsäure) und Thonerde (Aluminiumoxyd) hervorheben wollen, äußern auf das Eisen bei den gewöhnlichen Temperaturen, so lange dieselben unter dem Schmelzpunkt des Eisens bleiben, keine merkbare chemische Einwirkung. In Verbindung mit Kohlenstoff jedoch werden sie bei dieser letztgedachten Temperatur reducirt (sowohl durch das Eisen als auch durch den Kohlenstoff) und ihre metallischen Basen, Silicium und Aluminium, treten mit dem Eisen in Verbindung und ändern dessen Beschaffenheit, bald in höherem, bald in geringerem Maaße.

Silicium kommt in größerer Menge im grauen als weißen Roheisen vor; das Maximum des Siliciumgehaltes, welches bis jetzt beobachtet ist, beträgt etwa 4½ Procent, wobei jedoch diejenige Menge, welche in Form von Kieselerde mechanisch eingesprengt erscheint, mit eingerechnet ist; der Durchschnittsgehalt an Silicium im Roheisen dagegen übersteigt in der Regel nicht 1 Procent. Dieser Gehalt an Silicium hat auf die Beschaffenheit des Eisens keinen nachtheiligen Einfluß, obwohl er eben nicht die Schmelzbarkeit des Roheisens befördert; ja manche Eisenarbeiter sind der Ansicht, daß ein geringer Gehalt an Silicium die Zähigkeit des Eisens vermehre und halten denselben für wünschenswerth; eine Ansicht, die von den Chemikern von Fach nicht durchweg getheilt wird.

Bei dem Prozeß des Feinmachens des Roheisens werden etwa $^9/_{10}$ des Siliciumgehaltes ausgeschieden, wovon jedoch eine gewisse Menge bei den nachfolgenden Prozessen sich wieder ergänzt; so fand Boussignault beim Schmelzen von Schmiedeeisen in einem hessischen Schmelztiegel, daß dasselbe mehr als ½ Procent Silicium wieder aufgenommen hatte. Versuche, welche freilich in kleinem Maaßstabe angestellt worden sind, bestätigen, daß schon ein geringerer Gehalt als dieser das Schmiedeeisen hart und minder zähe mache. Karsten behauptet, daß die Wirkung des Siliciums in dieser Beziehung schädlicher sei als die des Phosphors. Ob übrigens, wie man zuweilen angegeben findet, Verbindungen des Eisens mit Silicium in gleicher Weise, wie diejenigen mit Kohlenstoff, Stahl erzeugen, ist bis jetzt noch nicht nachgewiesen worden.

Aluminium hat man nur als Spuren sowohl im Schmiedeeisen als im Roheisen beobachtet. Solche Spuren kommen deutlicher im grauen als im weißen Roheisen vor und am meisten in kaltbrüchigem Eisen, so daß es kaum zweifelhaft ist, daß das Aluminium die Zähigkeit des Eisens beeinträchtigt. Nach Versuchen von Stodart und Faraday über den indischen Stahl (Wootz) kommen in demselben ¾ Procent Aluminium vor und es werden die eigenthümlichen Eigenschaften dieser Stahlart wesentlich durch diesen Aluminiumgehalt bedingt.

f) Legirungen des Eisens mit andern Metallen.

Eisen bildet mit den meisten übrigen Metallen Legirungen in den verschiedensten Verhältnissen, welche wesentlich durch die Temperaturen bedingt sind.

Antimon hat mit dem Eisen große Verwandtschaft; $\frac{1}{4}$ Procent Antimon im Eisen macht das letztere sehr brüchig, sowohl im kalten als im glühenden Zustande; wenn Eisen und Antimon in einfachen Atomverhältnissen sich verbinden und wenn der Antimongehalt 70 Procent der ganzen Masse beträgt, so sind die Elemente selbst bei hohen Hitzegraden nicht zu trennen.

Arsenik, im Gehalt von 1,6 Procent, im Eisen zerstört vollständig die Zähigkeit desselben. In Betracht der außerordentlichen Flüchtigkeit des Arseniks ist es schwer auf directem Wege einen so großen Arsenikgehalt im Eisen darzustellen, aber schon sehr viel geringere Mengen wirken nachtheilig auf die Beschaffenheit des Eisens.

Blei geht mit Eisen keine directe Legirung ein; mit Roheisen verbindet es sich überhaupt nicht und mit Schmiedeeisen nur, wenn man letzteres mit Bleiglätte behandelt, jedoch in nicht größerer Menge als 2 Procent. Dieser und selbst schon ein geringerer Gehalt macht die Legirung spröde, aber leicht schmelzbar. Die Bleierze, welche oft unter den Eisenerzen vorkommen und mit diesen gemeinschaftlich dem Hohofenprozeß unterliegen, werden dabei reducirt, das metallische Blei sammelt sich indessen auf dem Herde des Ofens, ohne sich mit dem Eisen zu verbinden.

Chrom verbindet sich mit dem Eisen in allen Verhältnissen, indem sich harte, spröde, krystallinische Legirungen bilden, glänzender, aber strengflüssiger, viel weniger magnetisch und viel schwerer oxydirbar als Eisen. Diese Eigenschaften treten um so mehr hervor, je mehr das Chrom überwiegend ist. Eine Legirung, welche 60 Procent Chrom enthält, ist sehr zerbrechlich, weißer als Platina und sehr hart, daß sie Glas eben so gut als Diamant ritzt. Andererseits giebt ein Gehalt von 1 bis 2 Procent Chrom dem Gußstahl eine besondere Härte und die Eigenschaft, sich sehr schön damasciren zu lassen, ohne dabei seiner Streckbarkeit Abbruch zu thun.

Kobalt verbindet sich mit dem Eisen in allen Verhältnissen, ohne der Qualität desselben nachtheilig zu sein, wenigstens so lange nicht, als der Gehalt an Kobalt noch nicht beträchtlich ist.

Gold kann sich gleichfalls in allen Verhältnissen mit dem Eisen legiren, zu welchem es eine bemerkenswerthe chemische Verwandtschaft zeigt.

Es giebt dem Eisen keine besondern neuen Eigenschaften, bis das Verhältniß des Goldes in der Legirung beträchtlich wird. Wenn der Gehalt an Gold auf 20 bis 25 Procent steigt, so wird die Composition silberartig und sehr hart, so daß man daraus schneidende Instrumente darstellen kann. Ist dagegen der Goldgehalt 80 bis 85 Procent, so daß eigentlich die Masse mehr als eine Goldlegirung denn als eine Eisenlegirung zu betrachten ist, so entsteht die bei den Goldarbeitern als graues Gold bekannte Legirung, welche man in neuerer Zeit vielfach zu Schmucksachen anwendet und die sich durch eine vorzügliche Politur, deren sie fähig ist, auszeichnet. Gold wird auch als Loth zum Löthen feiner Stahlwaaren gebraucht.

Kupfer ist kaum fähig eine eigentliche Legirung mit dem Eisen zu bilden, obgleich, wenn man beide Metalle zusammen schmelzt, das Eisen eine geringe

Menge Kupfer aufnimmt und selbst bei späterem Umschmelzen nicht wieder ausscheidet. Kupfer im Roheisen vermehrt dessen Zähigkeit, wenn es nur in einem Gehalte von 1 bis 2 Procent vorkommt, und es dürfte daher für manche Gußeisenwaaren ein Zusatz von Kupfer empfehlenswerth sein. Im Schmiedeeisen ist schon ein Gehalt von $^1/_4$ Procent von nachtheiligem Einfluß auf die Schweißbarkeit und in größerer Menge bewirkt es Rothbrüchigkeit.

Mangan hat im Gegensatz hierzu eine außerordentliche Verwandtschaft zum Eisen und kommt von allen Metallen offenbar am häufigsten mit dem Eisen zusammen vor. In kleinen Mengen macht das Mangan das Eisen härter, ohne gleichwohl dessen Zähigkeit und Streckbarkeit zu beeinträchtigen; wie weit in dieser Beziehung die Grenze des Mangangehaltes zu nehmen sei, ist noch nicht ganz ausgemacht, indessen dürfte sie mit Sicherheit etwa auf $1^3/_4$ Procent geschätzt werden. Ein vermehrter Zusatz von Mangan vermindert die Schmelzbarkeit und vermehrt die Oxydirbarkeit des Eisens.

Manganlegirungen geben meist einen eigenthümlichen Geruch nach Wasserstoff, wenn man sie anhaucht, indem das Mangan eine außerordentliche Geneigtheit besitzt den Sauerstoff anzuziehen; dieser letztere Umstand bietet ein Mittel dar, die aus manganhaltigen Eisenerzen erblasenen Roheisensorten beim Feinmachen zum größten Theil oder fast ganz von dem Mangangehalt zu befreien.

Die Thatsache, daß dergleichen manganhaltige Erze ein Eisen liefern, welches vorzüglich zur Stahlerzeugung geeignet ist, hat bewirkt, daß man dieselben nicht selten als Stahlerze bezeichnet. Diese oben erwähnte Thatsache indessen, sowie der Umstand, daß manganhaltige Erze bei einigermaßen richtiger Behandlung immer geneigt sind, bei dem Hohofenprozeß ein weißes Roheisen zu liefern, scheinen weniger einer directen Wirkung des Mangans auf das Eisen, als vielmehr einem indirecten Einfluß zugeschrieben werden zu müssen, nämlich dem Verhalten des Mangans gegen den Kohlenstoff.

Molybdän sowie Wolfram verbinden sich mit dem Eisen in geringen Quantitäten, ohne dessen Eigenschaften weiter zu ändern, als etwa, indem sie selbiges hart machen. Eine Eisenlegirung, welche etwa $^1/_5$ oder 20 Procent Molybdän enthält, ist leicht schmelzbar, außerordentlich hart, von geringer Widerstandsfähigkeit gegen Stoßwirkungen, aber von nicht unbedeutender Zähigkeit gegen ruhende Belastungen.

Nickel hat gegen das Eisen ein sehr ähnliches Verhalten wie Kobalt (s. oben), besonders in Betreff der weißen Farbe, welche ein Nickelgehalt dem Eisen verleiht, und in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher Nickel in den verschiedensten Verhältnissen sich mit Eisen verbindet. Eine Legirung von 1 Atom Nickel auf 12 Atome Eisen, welches etwa einem Gehalt von $8^1/_3$ Gewichtsprocenten Nickel entspricht, wird oft in der Natur als meteorisches Eisen angetroffen; dasselbe ist weniger leicht oxydirbar und weniger reckbar als reines Eisen, im Uebrigen aber ist das Metall von guter Beschaffenheit. Abgesehen von dem Schwert Alexander des Großen und von den Säbeln, mit welchen 2000 Jahre später Dschihan-Ghir das Reich seines Vaters des Großmoguls Akbar I. vertheidigte, die der Sage nach aus Meteoreisen gewesen sein sollen, wurde im Jahre

1821 an Bolivar in Amerika ein Schwert überreicht, welches aus Meteoreisen von Santa Rosa, bei Santa Fé de Bogota geschmiedet worden war, und etwa die oben genannte Legirung enthielt.

Palladium in sehr geringer Menge macht das Eisen nur härter, ohne seine sonstigen Eigenschaften zu beeinträchtigen; in etwas größerer Quantität macht es das Eisen sehr spröde und brüchig. Dasselbe gilt von den verwandten Metallen Rhodium, Iridium, Osmium. Ein Gehalt von drei Procenten eines dieser Metalle im Schmiedeeisen, schützt dasselbe gegen das Rosten und macht die Legirung fähig sich ganz ähnlich dem Stahl härten zu lassen. Ueberhaupt sind die Legirungen des Stahles mit allen diesen Metallen wichtiger, als die des Eisens, und diese Bemerkung gilt auch vom Platina, dessen Legirungen mit Stahl von großem Interesse sind, und mancherlei Eigenthümlichkeiten darbieten, welches sich aber kaum unmittelbar mit dem Eisen verbindet, wenn nicht Kohlenstoff in demselben vorhanden ist.

Quecksilber. Eisen ist eines von den wenigen Metallen, welches kein Amalgam mit Quecksilber bildet, wenigstens nicht auf unmittelbarem Wege. Deshalb wird Quecksilber auch in geschmiedeten eisernen Flaschen aufbewahrt und transportirt, auch macht man Röhren und Hähne für Quecksilber von Schmiedeeisen (Manometerröhren). Mit Hilfe anderer Metalle, z. B. des Zinks oder des Zinns, sowie dadurch, daß man heiße Quecksilberdämpfe durch glühende eiserne Röhren streichen läßt, ist es gelungen, auch das Schmiedeeisen zu amalgamiren, doch sind diese Amalgame in der Technik von keiner erheblichen Wichtigkeit.

Silber geht mit Eisen keine eigentliche Legirung ein; wenn man beide zusammen schmelzt, so nimmt das Eisen in geringen Verhältnissen Silber auf; wenn der Silbergehalt noch kaum $1/_{3000}$ beträgt, so wird dadurch schon die Streckbarkeit und Schweißbarkeit des Eisens beeinträchtigt. In dieser Beziehung stellt Karsten das Verhältniß des Silbers zum Eisen sehr nahe demjenigen des Schwefels gleich.

Tantal vereinigt sich mit dem Eisen nur in hohen Temperaturen und bei Vorhandensein von Kohlenstoff, die so gebildeten Legirungen sind zähe, aber wenig reckbar und zeichnen sich durch eine Härte aus, die fast das Glas ritzt.

Titan scheint der Güte des Eisens nicht nachtheilig zu sein, sondern dasselbe eher härter und fester zu machen. Das mit natürlichem Titanoxyd behandelte Eisen läßt sich gut schmieden, ohne kaltbrüchig oder rothbrüchig zu sein.

Wismuth geht mit Eisen nicht leicht eine innige Legirung ein, bei der Schmelzhitze des Eisens verflüchtigt sich ein großer Theil des Wismuths, auch scheint der Wismuthgehalt des Eisens mehr auf die Behandlung desselben, als auf dessen Eigenschaften von Einfluß zu sein. $8/_{10000}$ Gehalt an Wismuth im Eisen beeinträchtigen die Festigkeit und Streckbarkeit des Eisens fast gar nicht.

Wolfram verhält sich wie Molybdän; der wesentlichste Einfluß besteht darin, daß die Legirung härter ist als reines Eisen. Wenn der Gehalt an Wolfram 37 Procent (d. i. 1 Atom Wolfram auf 6 Atom Eisen) beträgt, so ist der physikalische Charakter der Legirung fast dem des weißen Roheisens gleich. Eisen mit wolframsauren Kalk (Tungstein) behandelt, ließ sich gut schmieden, war

aber etwas zum Rothbruch geneigt. Kalt verhielt es sich ungemein dehnsam, fast stahlartig.

Zink ist sehr geneigt mit Eisen sich zu verbinden, ein Beweis dafür ist der Umstand, daß wenn man Zink in eisernen Gefäßen schmelzt, die Wände derselben von dem Zink aufgelöst werden. In einer höhern Temperatur, wie sie z. B. zum Schmelzen des Eisens erfordert wird, verflüchtigt sich das Zink und man findet daher auch keine Spuren von Zink in den, durch den Hohofenprozeß gewonnenen Eisensorten, selbst wenn die Eisenerze zinkhaltig waren. Das Gegentheil findet statt, wenn man Zink aus eisenhaltigen Erzen darstellt; das Eisen ist dann sehr schwer los zu werden und verdirbt, selbst in geringer Menge dem Zink beigemischt, die Qualität desselben, indem es der Streckbarkeit des Zinkes Eintrag thut und daher das Auswalzen zu Zinkblechen erschwert. Zink eignet sich zu einem dünnen Ueberzug auf Eisen, in ähnlicher Weise wie das Zinn. Man erhält solchen Ueberzug, wenn man Eisenbleche von metallisch reiner Oberfläche in geschmolzenes Zink eintaucht. Die Darstellung solcher verzinkten Eisenbleche, welche im Handel als „galvanisirtes Eisen" bekannt geworden sind, ist namentlich in neuerer Zeit vielfach in Anwendung gekommen und mit Erfolg benutzt worden, um das Eisen gegen Rost zu schützen.

Zinn und Eisen haben eine große chemische Verwandtschaft zu einander und verbinden sich in allen Verhältnissen, und selbst so innig, daß sie durch Umschmelzen nicht geschieden werden können. Die Legirungen, in welchen Zinn vorherrschend ist, haben nicht den eigenthümlichen Charakter des Zinns, und ebenso wenig haben sie irgend eine Eigenschaft des Eisens angenommen. Dasselbe findet statt, wenn das Eisen in der Legirung vorherrschend ist. Nach Bergmann's Versuchen giebt es zwei constante Legirungen zwischen Zinn und Eisen.

Die eine aus 21 Atome Zinn und 1 Atom Eisen ist hämmerbar, härter als Zinn, aber nicht so glänzend, die andere aus 2 Atome Eisen und 1 Atom Zinn ist wenig hämmerbar. Zinnhaltiges Roheisen nimmt eine sehr gute Politur an, ist sehr hart und so feinkörnig wie Stahl. Eine Legirung von 6 Theilen Zinn und 1 Theil Eisen wird durch Zusammenschmelzen von Zinn und Weißblechabschnitzeln erhalten, spezifisches Gewicht 7,27, halb hämmerbar, in der Wärme spröde von stahlgrauem Korn; sie dient zur Verzinnung der Eisenbleche und soll eine viel haltbarere Verzinnung liefern, als reines Zinn, welche auch nicht so leicht von schwachen Säuren angegriffen wird. Auch hat man eine Legirung von 8 Theilen Zinn und 1 Theil Eisen zur Verzinnung des Eisens empfohlen. Nach Karsten machte ein Zusatz von 1 Procent besten englischen Zinns beim Verfrischen das Eisen zwar nicht eigentlich rothbrüchig, indem es sich sehr gut schmieden ließ; allein das Eisen fuhr bei starker Hitze unter dem Hammer auseinander und war in hohem Grade kaltbrüchig. Bei der Analyse nach diesem Prozeß ergab sich ein Zinngehalt von nur 0,19 Procent. Das Zinn eignet sich in noch höherem Maaße zum Ueberziehen der Eisenbleche und liefert dann das sogenannte Weißblech.

§. 24.

Einige physikalische Eigenschaften des Eisens.

Das chemisch reine Eisen kommt in der Natur gar nicht vor, es ist außerdem sehr schwer auf chemischen Wege herzustellen. Man bedient sich dazu des Eisenoxyds, welches mittelst Wasserstoffgas in der Glühhitze reducirt wird. Das so gewonnene Eisen erscheint als ein schwarzgraues, sehr feines Pulver, entzündet sich warm beim Ausschütten an der Luft von selbst, ist von Kohlenstoff vollkommen frei, unschweißbar und findet in der Technik keine besondere Anwendung, da es überhaupt fast keine von den wichtigsten Eigenschaften des Eisens besitzt. Man kann auch reines Eisen durch galvanischen Prozeß niederschlagen; das so erhaltene Eisen ist zusammenhängender, aber noch immer sehr zerbrechlich, auch kann man auf diesem Wege nur kleine Stücke erhalten, so daß Platten von einem Quadratzoll Oberfläche schon selten sind.

In diesem Zustande oxydirt sich das Eisen sehr schnell, hat, wahrscheinlich in Folge dieser Oxydation, im reflektirten Licht eine mehr braune als graue Farbe; im frischen Bruch erscheint es jedoch rein grau; das Gefüge ist krystallinisch, oder vielmehr erscheint das Eisen als ein lockeres Conglomerat von kleinen kubischen Krystallen, welches fast gar nicht streckbar ist. Ganz frisch dargestellt ist es magnetisch, verliert jedoch diese Eigenschaft sehr geschwinde, je mehr es sich durch die Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit oxydirt. Das spezifische Gewicht läßt sich schwer bestimmen. Wenn man die feinen Eisenkrystalle durch einen glühenden Draht, oder durch eine Spiritusflamme erhitzt, so dekrepetiren sie schnell, verlieren ihr Krystallisationswasser und zerfallen in Oxydpulver. Die übrigen Eigenschaften des chemisch reinen Eisens sind bis jetzt noch wenig untersucht und haben vorläufig allenfalls nur einige Wichtigkeit für den medizinischen Gebrauch.

Mehr als das chemisch reine Eisen bieten für die Technik die drei zu Anfang dieses Abschnittes erwähnten Zustände: Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen in ihrem physikalischen Verhalten Interesse dar. Die Eigenschaften des Stahls sollen später in besondern Paragraphen besprochen werden; hier wollen wir im Allgemeinen nur von dem Schmiedeeisen und dem Roheisen handeln.

Farbe des Eisens.

Ueber die Farbe des Roheisens haben wir schon früher Andeutungen gemacht und gesehen, daß die Roheisensorten im Allgemeinen nach ihrer Farbe benannt werden. Nach den verschiedenen Kohlenstoff-Verbindungen, welche das Roheisen bildet, durchläuft die Farbe eine Menge Abstufungen von sehr tiefem Dunkelgrau bis zum Silberweiß, indem sie durch verschiedene Nüancen des Grauen, des Gefleckten, Hellgrauen und Weißen spielt. Nach dieser Farbe, verbunden mit der Beschaffenheit des Gefüges, klassificirt man das Roheisen im Handel.

Dunkelgraues Roheisen, krystallinisch im Bruch mit kleinen glänzenden Flächen, eignet sich besonders zur Eisengießerei, d. h. zum Umschmelzen und Her-

stellen von gegossenen Eisenwaaren. Man bezeichnet dasselbe daher als Gießerei-Eisen. (Gußeisen — founder's pig).

Wenn die Farbe heller wird und mehr und mehr in's Weiße fällt, verbunden mit einem blättrigen Gefüge, so pflegt man das Eisen für mehr geeignet zur Darstellung des Schmiedeeisens zu halten und man pflegt diese Klasse gewöhnlich als Puddel- oder Frisch-Eisen (forge-pig) zu bezeichnen.

Diese Unterscheidungen, wie man sie lieber nennen sollte, als „Klassen", sind jedoch sehr unbestimmt und unzuverlässig, da man zur Zeit faktisch noch ohne bestimmte Kenntniß ist, sowohl von den Ursachen der verschiedenen Färbungen des Eisens, als auch von den nothwendigen, praktischen Eigenschaften des Eisens, welche durch diese Färbungen angedeutet werden.

Die Farbe des Schmiedeeisens ist viel weniger verschiedenen Abstufungen unterworfen, als die des Roheisens. Auch hier, wie beim Roheisen, kann man nur die Farbe des Bruches und zwar des frisch gebrochenen Eisens in Betracht ziehen, da die Farbe, welche man dem Eisen etwa durch Politur oder durch sonstige Bearbeitung gegeben hat, keine natürliche, sondern vielmehr eine künstlich erzeugte ist, welche im hohen Grade von der Art der Bearbeitung abhängt.

Einen vollen grauen Farbenton mit einem Anflug von Blau pflegt man als ein Merkmal eines guten Schmiedeeisens anzusehen; ebenso hält man einen matten weißen Bruch für ein günstiges Zeichen. Wenn der Bruch grobkörnig, weiß und stark glänzend ist, oder wenn die Faser kurz und dunkelfarbig erscheint, so hält man das Eisen für kalt- oder für rothbrüchig. Schlecht gefrischtes oder nicht gahr gepuddeltes Eisen giebt sich meistens durch matte und schwarze Stellen im Bruch zu erkennen, während verbranntes Eisen einen sehr hellbraunen, in den Regenbogenfarben spielenden Bruch zeigt.

Adhäsion des Eisens.

Die Adhäsion des Eisens, oder die Kraft, mit welcher dasselbe an Flüssigkeiten haftet, ist freilich nur eine Eigenschaft der Oberfläche des Eisens und bis jetzt noch wenig untersucht worden. Vorzugsweise hat sich Guyton-Morveau damit beschäftigt, indem er nicht allein die Adhäsion des Eisens, sondern auch verschiedener anderer Metalle gegen Quecksilber untersuchte. Es wurden Plättchen von 1 Zoll Durchmesser (Pariser Maaß = 1,035 Zoll preuß. Durchmesser oder 0,841 Quadratzoll preuß. Flächeninhalt) von verschiedenen Metallen mit gleicher Sorgfalt polirt, auf die Oberfläche des in einer Schaale enthaltenen Quecksilbers gelegt, und nun untersuchte man, nachdem sämmtliche Plättchen gleich lange Zeit mit dem Quecksilber in Berührung geblieben waren, die Gewichte, welche erforderlich waren, um die Adhäsion zu überwinden und die Plättchen abzureißen. Guyton-Morveau fand diese Gewichte bei verschiedenen Metallen, mit Vernachlässigung des eigenen Gewichtes der Plättchen, in folgender Ordnung:

Gold	erforderte	446 Grammes.	Blei	erforderte	397 Grammes.
Silber	„	429 „	Wismuth	„	372 „
Zinn	„	418 „	Zink	„	204 „

Kupfer erforderte 142 Grammes. Eisen erforderte 115 Grammes.
Antimon „ 126 „ Kobalt „ 8 „

Das Eisen hat also eine sehr geringe Adhäsion gegen das Quecksilber, welcher Umstand sich wohl aus der geringen Verwandtschaft zwischen beiden Körpern (s. oben) erklären mag.

Auch über die Adhäsion des Eisens gegen Eisen sind Versuche, namentlich von Muschenbrock angestellt worden. In dieser Beziehung nimmt Eisen gegen andere Körper eine sehr hohe Stelle ein. Die Platten hatten durchweg 1,916 preußische Zoll im Durchmesser, oder einen Querschnitt von 2,8671 Quadratzoll preußisch; sie wurden erwärmt, mit Talg bestrichen und durch Gewichte losgerissen. Der Luftdruck betrug constant 41 Pfund. Die Reihefolge der Adhäsion war folgende:

Platten von 1,916 Zoll preuß. Durchmesser.	Angehängtes Gewicht. Pfund.	Davon beträgt die Adhäsion Pfund.	Platten von 1,916 Zoll preuß. Durchmesser.	Angehängtes Gewicht Pfund.	Davon beträgt die Adhäsion Pfund.
Eisen	300	259	Wismuth	150	109
Blei	275	234	Glas	130	89
Schwarzer Marmor	230	189	Silber	125	84
Weißer ditto	225	184	Elfenbein	108	67
Gehärteter Stahl	225	184	Zinn	100	59
Kupfer	200	159	Zink	100	59
Messing	150	109	—	—	—

Härte des Eisens.

Unter Härte eines Materials versteht man den Widerstand, den dasselbe der Zertheilung durch schneidende und ritzende Instrumente entgegensetzt, oder allgemein den Widerstand eines Körpers gegen das mechanische Eindringen eines andern Körpers zwischen seine Atome. Man nennt ein Material härter als das andere, wenn das letztere durch das erstere geritzt oder geschabt werden kann. Kirwan hat eine Skala von 10 Mineralien aufgestellt, die in ihrer Härte eine Stufenleiter von 10 Härtegraden bilden (Härte-Skala) nämlich:

1) Talk. 5) Apatit. 8) Topas.
2) Gyps. 6) Feldspath. 9) Diamantspath.
3) Kalkspath. 7) Quarz. 10) Diamant.
4) Flußspath.

Will man nun die Härte irgend eines Materials bestimmen, so untersucht man, welche von diesen Materialien durch dasselbe angegriffen werden, von Nr. 1 anfangend, bis man auf ein Material kommt, welches durch das zu untersuchende nicht mehr angegriffen wird, sondern im Gegentheil dasselbe ritzt; hiedurch bezeichnet man den Härtegrad mit der Nummer dieses Materials.

Wenn z. B. Schwerspath die drei ersten Glieder ritzt, vom Flußspath aber geritzt wird, so liegt seine Härte zwischen 3 und 4 und man pflegt sie mit

3,5 zu bezeichnen, wenn sie etwa in der Mitte liegt, oder mit 3,3 beziehlich mit 3,7, wenn sie dem Kalkspath resp. dem Flußspath näher liegt.

Nach dieser Skala haben die verschiedenen Eisensorten etwa folgende Härtegrade:

Gutes Schmiedeeisen 4,5 ritzt Flußspath und wird geritzt vom Apatit (Phosphorsaurem Kalk).

Roheisen ist härter und manche Arten des grauen Gießerei-Eisens werden eben von Feldspath geritzt, so daß man ihnen einen Härtegrad von 5,8 beilegen kann; weißes Puddeleisen ritzt Glas und hat also einen Härtegrad gleich 7.

Es ist jedoch zu bemerken, daß bei Bestimmung und Anwendung dieser Härte-Skala es wesentlich auch auf die Beschaffenheit und auf die Schärfe des zum Ritzen benutzten Stückes ankommt; eine stumpfe Oberfläche schabt und kratzt nur, ohne eigentlich zu ritzen. So wird z. B. Glas nur dann vom weißen Roheisen geritzt, wenn man die scharfen Kanten des krystallinischen Bruches des letztern dazu anwendet; in ähnlicher Weise sind auch nur die scharfen Kanten der Diamantkrystalle zum Glasschneiden anwendbar.

Wenn man übrigens von der Bestimmung der Härtegrade einen praktischen Gebrauch machen will, so hat man noch außerdem auf die Textur der Materialien Rücksicht zu nehmen, d. h. auf die eigenthümliche Art und Weise, wie die Molekule der Substanzen mit einander zusammenhängen.

So haben z. B. weißes Roheisen, gehärteter Stahl, Quarz und Granit u. s. w. denselben Härtegrad; aber Stahl hat einen innigeren Zusammenhang der Theilchen, als Quarz und in noch höherem Grade als Granit, welches beide spröde und brüchige Körper sind; deshalb läßt sich auch Stahl füglich benutzen, um die beiden letztgenannten Körper zu bearbeiten. Ebenso läßt sich Sandstein, der aus einem Konglomerat von Quarzkörnern, die durch einen kieselartigen Kitt zusammengehalten werden, besteht, mit denselben Werkzeugen bearbeiten, wie Marmor, obwohl der Härtegrad des Sandsteins 7 und der des Marmors nur 3,5 ist. Mit Berücksichtigung dieser Bemerkungen ist die nachfolgende Reihefolge zu betrachten.

Reihefolge der Metalle nach ihrer wahrscheinlichen Härte geordnet.

Weicher als Eisen.	Härter als Eisen.
Quecksilber,	Eisen (Schmiedeeisen),
Natrium,	Kobalt,
Kalium,	Nickel,
Blei,	Graues Roheisen,
Zink,	Stahl, ungehärtet,
Zinn,	desgl., gehärtet,
Antimon,	Mangan,
Gold,	Titan,
Silber,	Weißes Roheisen,
Kadmium,	Chrom,
Wismuth,	Rhodium,
Tellurium,	Iridium, Osmium,
Kupfer (Kupfer und Zink — Messing),	Härtester Stahl, in verschiedenen Ab-

Weicher als Eisen.	Härter als Eisen.
Platin (Kupfer und Zinn — Bronze),	stufungen vom weißen Roheisen bis
Palladium,	zum Schluß der Reihefolge variirend.
Eisen (Schmiedeeisen).	

Gefüge des Eisens.

Ueber das Gefüge des Eisens sind schon im Vorstehenden mehrfach Andeutungen vorgekommen. Man erkennt dasselbe am besten im frischen Bruch und darf zu diesem Zwecke nicht zu kleine Proben beurtheilen (nämlich bei Quadrateisenstücken nicht unter 1 Zoll Seite und bei Flacheisen nicht unter $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke), weil das Gefüge sich um so mehr ändert, zu je kleinern Dimensionen das Eisen ausgearbeitet ist.

Das Gefüge des weißen Roheisens ist am meisten krystallinisch, so jedoch, daß beim Spiegeleisen der Bruch mehr strahlig-blättrig, beim blumigen Floß derselbe mehr splittrig, und beim gewöhnlichen weißen Roheisen mehr muschlig und körnig ist. Das Gefüge des grauen Roheisens ist weniger krystallinisch, sondern bald grob-, bald feinkörnig, in's Schuppige übergehend bei solchen Eisensorten, die vielen freien Kohlenstoff und viele Verunreinigungen durch Erdbasen enthalten.

Nach mikroskopischen Untersuchungen von Schafhäutl, Alexander u. A. gehören die Krystalle im grauen Roheisen dem oktaëdrischen System (mit gleichen und rechtwinkligen Axen) an, und erscheinen unter den einfachsten Formen dieser Klasse. Der größte Durchmesser dieser kleinen Eisenkrystalle soll nicht über $\frac{1}{15000}$ Zoll betragen.

Die Krystalle im weißen Roheisen sind noch kleiner und erscheinen meistens in sechskantigen Prismen, die bündelförmig theils mit ihren Seiten, theils mit ihren Enden zusammengewachsen sind und so, bald ein blättriges, bald ein strahliges Gefüge bilden.

Das Gefüge des Schmiedeeisens ist den mannigfachsten Veränderungen und Abstufungen unterworfen und ändert sich wesentlich mit der feinern Ausreckung und Bearbeitung des Eisens, sei es durch Walzen, sei es durch Schmieden oder durch Ziehen. Je weniger das Eisen solchen Veränderungen unterworfen worden ist, desto körniger ist das Gefüge, und dies tritt also am meisten hervor bei der eben gefrischten, noch nicht gezängten Luppe.

Man pflegt gewöhnlich zu unterscheiden körniges und sehniges Schmiedeeisen. Ein sehr feinkörniges, dichtes Gefüge von heller Farbe ist gewöhnlich ein Zeichen eines sehr reinen, geschmeidigen und harten Eisens.

Wenn man das Schmiedeeisen der Ausreckung unter starken Drucken aussetzt, so verliert es sein körniges Gefüge und zwar um so schwerer, je härter das Eisen ist; sind dagegen die Theilchen locker und weich, so werden sie bei dieser Bearbeitung breit gequetscht und nehmen die Gestalt von Schuppen ohne festen Zusammenhang an, so daß man ein solches Gefüge als ein Zeichen eines schlechten Eisens ansehen kann. Eisen von dichtem und feinkörnigem Bruch pflegt dagegen sich bei der Bearbeitung geschmeidig ausrecken zu lassen, ohne dadurch lockerer zu werden;

es geht in sehniges Gefüge über, und erlangt eine große Widerstandsfähigkeit gegen Ausrecken.

Die Eigenschaft des Eisens, beim Ausrecken ein sehniges Gefüge anzunehmen, ist den besten und härtesten Eisensorten eigen und man betrachtet diejenigen Eisensorten, welchen diese Eigenschaft mangelt, als schlecht.

Hieraus folgt aber keineswegs, daß alle Eisensorten, die sich gut strecken lassen, auch von guter Beschaffenheit seien, denn es giebt oft Eisensorten, die sehr ausgestreckte Fasern besitzen, aber ein ungleichförmiges Gefüge und einen lockern Zusammenhang zeigen.

Das Gefüge in Verbindung mit der Farbe des Eisens, bilden gewöhnlich die äußern Kennzeichen, nach denen man, freilich oft mit sehr geringer Sicherheit, auf die Güte des Eisens schließt (s. oben „Farbe des Eisens").

Mit dem Gefüge in noch näherem Zusammenhang steht die Festigkeit des Eisens. Wegen der großen Wichtigkeit dieser Eigenschaft und wegen der umfangreichen Untersuchungen über dieselbe, beabsichtigen wir ihr einen besondern Paragraphen zu widmen.

Das Gefüge des Eisens ist außer durch die oben angeführten Bedingungen auch noch auf anderm Wege der Veränderung unterworfen. Wenn man sehniges Stabeisen bis zur Schweißhitze bringt*) und dann plötzlich in Wasser ablöscht, so verliert es sein Gefüge, wird körnig und zeigt einen hakigen, körnigen Bruch. Beim abermaligen Erhitzen bis zu der erwähnten Temperatur und nachherigem Ausrecken, erlangt es jedoch sein sehniges Gefüge vollkommen wieder.

Ein anderer Einfluß, durch welchen das sehnige Stabeisen seine Textur vollkommen ändert, besteht in der eigenthümlichen Einwirkung von Drucken und Stößen unter gewissen Bedingungen.

Man hat lange diese Thatsache in Abrede gestellt, sie scheint aber gegenwärtig vollkommen nachgewiesen zu sein. Da hier aber mit der Textur auch die Festigkeit geändert wird, so soll weiter unten darauf näher eingegangen werden.

Spezifisches Gewicht des Eisens.

Das spezifische Gewicht des Eisens ist von dem Grade der Reinheit und von dem Zustande der Verarbeitung abhängig, in welchem es sich befindet. Roheisen ist im Allgemeinen leichter als Schmiedeeisen und dieses ist wieder um so schwerer und dichter, je mehr Stufen der Ausreckung und Zusammenpressung der Atome es durchgemacht hat. Eine merkwürdige Ausnahme davon macht das chemisch reine Eisen, welches bei zunehmender Ausstreckung an Dichtigkeit abnimmt, eine Eigenthümlichkeit, welche man auch beim Wismuth wahrgenommen haben will. Nach Versuchen von Berzelius ist das spezifische Gewicht des chemisch reinen Eisens 7,8436
dasselbe zu einer dünnen Platte ausgewalzt 7,6
dasselbe zu einem Draht von $^{1}/_{16}$ Zoll Durchmesser ausgereckt . . . 7,75

Es ist indessen nicht unwahrscheinlich, daß diese Abweichungen, wie auch

*) Lehrbuch der Metallurgie von Scheerer. I. S. 542.

Berzelius vermuthet, nicht sowohl in einer wirklichen Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes, als vielmehr in der eigenthümlichen Repulsion der Oberfläche des Eisens gegen das Wasser ihren Grund haben, indem nämlich das untersuchte Eisen mit einer dünnen Luftschicht sich umgiebt, welche auf das spezifische Gewicht einen um so größern Einfluß übt, je größer die Oberfläche im Verhältniß zum Volum ist.

Das spezifische Gewicht des Roheisens variirt nach Karsten zwischen 6,6104 und 7,7910 als den äußersten Grenzen und richtet sich natürlich nach der Art und Menge der beigemischten Bestandtheile und danach, ob das Eisen unter dem Druck einer Eisensäule (aufrecht geformte Säulen) oder flach und ohne Druck gegossen ist. Im Allgemeinen ist weißes Roheisen schwerer als graues, und wir haben bereits im §. 14. S. 71. über die Aenderung des spezifischen Gewichtes gesprochen, welche stattfindet, wenn graues Roheisen in weißes verwandelt wird.

Karmarsch*) giebt folgende Zusammenstellung der spezifischen Gewichte des Roheisens:

dunkelgraues Roheisen	6,635	bis	7,275
hellgraues	„	6,916	„	7,572
halbirtes	„	6,831	„	7,430
weißes	„	7,056	„	7,889

Das spezifische Gewicht des Schmiedeeisens ändert sich im Allgemeinen innerhalb der Grenzen 7,3 und 7,9, es ist im Durchschnitt zu 7,6 anzunehmen. Nach Angabe von Karsten wurde das spezifische Gewicht eiserner, einen Zoll starker Stäbe von 4 Zoll Breite, welches 7,8010 betrug, durch Auswalzen zu sehr dünnen Blechen auf 7,8621 vermehrt, und Eisen, dessen spezifisches Gewicht 7,7938 betrug, wurde auf ein spezifisches Gewicht von 7,8425 gebracht, indem man es zu dünnen Drähten auszog.

Karmarsch**) giebt hierüber folgende Zusammenstellung:

	spezifisches Gewicht. a.	b.
1) Eisen in Stäben von 4 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke	7,8010	7,7862
2) Dasselbe zu 4 Zoll Breite und 1/2 Zoll Dicke ausgeschmiedet	7,8122	7,7891
3) Der Stab Nr. 2 zu starkem Blech ausgewalzt . . .	7,8388	7,8035
4) Das Blech Nr. 3 dünner gewalzt	7,8555	7,8399
5) Das Blech Nr. 4 noch dünner gewalzt	7,8621	7,8586

Die Zunahme des spezifischen Gewichtes beim Ausziehen zu Draht zeigen folgende drei Versuchsweisen:

	spezifisches Gewicht. a.	b.	c.
1) Ein Stäbchen von 4 Linien Breite und Dicke	7,7938	7,7986	7,7953
2) Dasselbe zu starkem Draht gezogen	7,7942	7,7990	7,7978
3) Der Draht Nr. 2 dünner gezogen	7,8121	7,8200	7,8172

*) Mech. Techn. I. S. 6.

**) Mech. Techn. I. S. 7.

		spezifisches Gewicht. a.	b.	c.
4) Der Draht Nr. 3 dünner gezogen	. . . .	7,8284	7,8312	7,8311
5) Der Draht Nr. 4 ganz fein gezogen	. . .	7,8425	7,8498	7,8452

Als Durchschnitts-Angaben mögen folgende Werthe dienen:

	Spezifisches Gewicht.	Ein Kubikfuß wiegt		Ein Kubikzoll wiegt		Ein Preuß. Pfund enthält	Zoll-
		Preuß. Pfd.	Zoll-Pfd.	Preuß. Pfd.	Zoll-Pfd.	Kubikzoll	Kubikzoll
Graues Roheisen (Gießerei-Eisen.)	7,2	475,6	466,5	0,275	0,270	3,64	3,70
Weißes Roheisen (Puddeleisen.)	7,5	495,0	468,0	0,287	0,281	3,48	3,56
Stangen-Eisen	7,6	501,6	492,5	0,290	0,285	3,45	3,51
Blech und Draht	7,8	514,8	505,4	0,298	0,292	3,36	3,43

Dabei ist das Gewicht eines preußischen Kubikfuß Wassers gleich 66 preußische Pfund oder gleich 61,8 Zollpfund angenommen worden.

Um noch endlich einen Ueberblick zu geben von dem Verhältniß des spezifischen Gewichtes des Eisens zu demjenigen anderer Metalle, möge folgende Zusammenstellung dienen:

Schwerer als Eisen.

Platin . spez. Gewicht = 20,98.
Gold . " " = 19,258.
Quecksilber " " = 13,560.
Blei . . " " = 11,352.
Silber . " " = 10,474.
Kupfer . " " = 8,895.
Eisen . " " = 7,2 bis 7,8.

Leichter als Eisen.

Eisen, spez. Gewicht = 7,2 bis 7,8.
Zinn . " " = 7,291.
Zink . " " = 6,900.
Mangan " " = 6,800.
Wasser " " = 1,000.

Verhalten des Eisens zur Elektricität.

Das Eisen ist wie die Metalle im Allgemeinen ein guter Leiter der Elektricität, wenn gleich es unter den Metallen selbst eine ziemlich geringe Stufe der Leitungsfähigkeit einnimmt. Der Grad der Leitungsfähigkeit nimmt nach Lenz mit der Zunahme der Temperatur ab. Ist die Leitungsfähigkeit des Kupfers gleich 100 angenommen, so finden etwa folgende Rangordnungen der Metalle in Bezug auf ihre Leitungsfähigkeit für Elektricität statt:

Magnetoelektrischer Strom bei 0 Grad nach Lenz.

Silber . 163,25
Kupfer . 100,00
Gold . . 79,79
Zinn . . 30,84
Messing . 29,33

Reibungs-Elektricität nach Rieß.

Silber . 148,74
Kupfer . 100,00
Gold . . 88,87
Kadmium 38,35
Messing . 27,70

Magnetoelektrischer Strom bei 0 Grad nach Lenz.		Reibungs-Elektricität nach Rieß.	
Eisen	17,74	Palladium	18,18
Blei	14,62	Eisen	17,66
Platin	14,17	Platin	15,52
Antimon	8,87	Zinn	14,70
Quecksilber	4,66	Nickel	13,15
Wismuth	2,58	Quecksilber	10,32
		Neusilber	8,86.

Das chemisch-elektrische Verhalten des Eisens ist zu den meisten Metallen positiv, nur zu Zink, Mangan und den Alkalien ist es negativ. Die von Berzelius aufgestellte Reihefolge der einfachen Stoffe ist so geordnet, daß jeder Stoff zu dem vorhergehenden sich positiv, zu dem nachfolgenden sich negativ verhält und in diesem Sinne ist folgende Auswahl aus der Berzelius'schen Reihe getroffen worden, um das Verhalten des Eisens anzudeuten.

—	—	—
Sauerstoff	Gold	Eisen
Schwefel	Platin	Zink
Chlor	Quecksilber	Mangan
Phosphor	Silber	Aluminium
Arsenik	Kupfer	Magnesium
Chrom	Wismuth	Calcium
Kohlenstoff	Zinn	Barium
Antimon	Blei	Natrium
Titan	Kobalt	Kalium
Kiesel	Nickel	+
Wasserstoff	Eisen.	
+	+	

Verhalten des Eisens zum Magnetismus.

Die Eigenschaft des Magnetismus, d. h. der dauernden magnetischen Polarität, schrieb man früher dem Eisen ganz allein zu; nach neuern Untersuchungen besitzen aber auch Nickel, Kobalt und Chrom diese Eigenschaft, wenn auch in geringerem Grade. Vorübergehende magnetische Zustände lassen sich fast in allen Metallen erregen, wie sich dies durch die Einwirkung mancher Metalle auf die Magnetnadel kund giebt, aber diese Einwirkung ist bei keinem andern Körper so bedeutend, als beim Eisen und bei den drei andern eben genannten Körpern. Silber, welches in der Reihenfolge dieser Wirkungen am höchsten steht, ist neunmal schwächer in seiner Einwirkung auf die Magnetnadel als Eisen, Gold 15mal und Marmor etwa 20mal. Eisen wird magnetisch durch Berührung oder durch angemessenes Streichen mit einem Magnete, ferner indem man es in einer passenden Lage in angemessener Weise reibt oder stößt; oder auch durch die Einwirkung des zurückgeworfenen Sonnenlichtes und endlich durch bloßes Stehen in vertikaler Lage während längerer Zeit, ja es soll der Magnetismus schon

eintreten, wenn das Eisen nur in einer Lage längere Zeit verbleibt, die mit dem Horizont einen Winkel macht, der größer als 20 Grad ist. Vermöge dieser leichten Erregbarkeit des Eisens für den Magnetismus findet man selten ein Werkzeug von Eisen oder Stahl, welches nicht in einem gewissen Grade magnetisch wäre.

Das Eisen ist in allen Verhältnissen und Zuständen für den Magnetismus empfänglich, wenn gleich es denselben in verschiedener Weise äußert. So wird graues Roheisen schneller und intensiver magnetisch als weißes Roheisen, steht aber in beiden Beziehungen dem Schmiedeeisen und dem Stahl nach. Weiches und dehnbares Schmiedeeisen ist leichter und stärker zu magnetisiren, als Stahl, behält aber diese Eigenschaft bei Weitem nicht so gut, als dieser. Ein ähnliches Verhältniß hat man zwischen gehärtetem und ungehärtetem Stahl beobachtet.

Das Eisen kann den Magnetismus durch ähnliche Veranlassungen theilweise oder ganz verlieren, durch welche es denselben erhalten kann. Die Feilspähne von einem Magneten sind weniger magnetisch, als der volle Körper; ein heftiger Schlag oder Stoß gegen einen harten Körper kann den Magnetismus plötzlich vernichten.

Durch hohe Temperaturen wird der Magnetismus vermindert, in der Rothglühhitze fast ganz, in der Weißglühhitze durchweg zerstört. Ferner geht der Magnetismus verloren, wenn die entgegengesetzten Pole zweier Magnete längere Zeit mit einander in Berührung bleiben und endlich können gewisse Legirungen und Verunreinigungen das Eisen ganz unempfindlich für die Wirkung des Magnetismus machen. Arsenik giebt in dieser Beziehung die wirksamste Legirung, obwohl $66^2/_3$ Procent Arsenikgehalt in einer Legirung dieselbe gegen die Magnetnadel noch nicht unempfindlich machen. Nach Mushet sollen jedoch 22 Procent Mangan den Magnetismus aus einer Eisenlegirung ganz beseitigen.

§. 25.

Verhalten des Eisens zur Wärme und in hohen Temperaturgraden.

Das Verhalten des Eisens zur Wärme ist in der Technik von der allergrößten Wichtigkeit, da hierauf ein großer Theil der Prozesse beruht, welchen das Eisen unterworfen wird. Wir wollen daher diese Eigenschaften hier etwas ausführlicher betrachten.

Spezifische Wärme des Eisens.

Das Eisen hat unter allen Metallen mit Ausnahme des Mangans die größte spezifische Wärme, oder die größte Wärmecapacität, d. h. die Erwärmung einer gewissen Gewichts-Menge Eisens um eine gewisse Anzahl von Graden erfordert mehr Wärme-Einheiten, als die Erwärmung derselben Gewichts-Menge irgend eines andern Metalls um dieselbe Anzahl von Graden. Natürlich giebt eine bestimmte Gewichts-Menge Eisen bei der Abkühlung um eine bestimmte Anzahl von Graden auch mehr Wärme-Einheiten ab, als irgend ein anderes Metall unter denselben Voraussetzungen, mit Ausschluß des Mangans.

Nach Versuchen von Regnault und Petit ist die spezifische Wärme des Eisens nicht zwischen allen Temperatur-Unterschieden constant. Sie beträgt vielmehr bei gutem Stabeisen im Mittel:

zwischen	0	und	100	Grad	C.	0,1098
"	0	"	200	"	"	0,1150
"	0	"	300	"	"	0,1218
"	0	"	350	"	"	0,1255.

Wenn man eine ähnliche Zunahme der Wärmecapacität, wie sie eben dargestellt worden, auch ferner voraussetzt, so würde dieselbe bei der Rothglühhitze etwa 0,1402 und bei dem wahrscheinlichen Schmelzpunkte etwa 0,3282 betragen.

Hierbei ist die spezifische Wärme des Wassers gleich 1 gesetzt und unter einer Wärme-Einheit die Wärme-Menge verstanden, welche erforderlich ist, um 1 Pfund Wasser in der Temperatur um einen Grad Celsius zu erhöhen.

Die spezifische Wärme des Eisens scheint übrigens mit seinem Kohlenstoffgehalt zu wachsen, so beobachtet Regnault die

spezifische Wärme des weißen Roheisens	0,12983
" " " gefeinten grauen Roheisens . . .	0,12728
" " " Huntsman-Stahls	0,11848
" " " gewöhnlichen Stahls, gehärtet .	0,11750
" " " " " ungehärtet	0,11650
" " " Stabeisens	0,113795.

Die spezifische Wärme des Mangans, welche allein größer ist als die des Eisens, beträgt nach Regnault 0,14410; und dann folgen die wichtigsten Metalle in folgender Reihenfolge:

Nickel . . .	0,10863	Silber .	0,05701
Kobalt . .	0,10696	Zinn . .	0,05645
Zink	0,10012	Antimon	0,05077
Zink gereinigt	0,09555	Quecksilber	0,03332
Kupfer . .	0,09515	Gold . .	0,03244
Arsenik . .	0,08140	Platin .	0,03243.

Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens.

Die Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens ist geringer als diejenige der sogenannten edlen Metalle und des Kupfers und größer als diejenige aller sogenannten unedlen Metalle. Setzt man die Leitungsfähigkeit des Goldes gleich 1000, so hat man nach Despretz *) folgende Reihenfolge:

über dem Eisen.			unter dem Eisen.		
Gold	1000	2,6728	Eisen .	374,3	1,0000
Platin	981	2,6223	Zink . .	363,0	0,9722
Silber	973	2,6009	Zinn . .	303,9	0,8121
Kupfer	898,2	2,4010	Blei .	179,6	0,4801
Eisen	374,3	1,0000	Antimon		
			Wismuth		

Die Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens ist außerdem etwa 16mal so groß als die des Marmors, 30½mal so groß als die des Porzellans, 33mal

*) Annales de Chimie et de Physique. Tom 36. p. 442.

so groß als die der Ziegelsteine und 40mal so groß als die des Wassers, wenn man letztere gleich 9,4 annimmt.

Die Zeit, welche erforderlich ist, um einen Körper auf einen bestimmten Temperaturgrad zu erwärmen, ist um so größer, je größer die Wärmecapacität (spezifische Wärme des Körpers) ist, und je geringer seine Wärmeleitungsfähigkeit ist.

Wärmestrahlungs-, Absorbtions- und Reflections-Vermögen des Eisens.

Das Ausstrahlungs-Vermögen der Körper und namentlich der Metalle ist bekanntlich wesentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängig; es ist um so geringer, je mehr polirt die Oberflächen der Körper sind. Polirtes Eisen hat ein größeres Ausstrahlungs-Vermögen, als Zinn, Silber und Gold, und ein geringeres als Quecksilber und Blei. Nach Melloni findet etwa folgende Reihefolge in dem Ausstrahlungs-Vermögen der Körper statt:

Lampenruß, Wasser oder Bleiweiß	= 100	Quecksilber . .	= 20
Schreibpapier	= 98	Glänzendes Blei	= 19
Glas	= 90	Polirtes Eisen .	= 15
Eis	= 85	Zinn, Silber	= 12.
Gummilack	= 72	Kupfer, Gold	= 12.
Angelaufenes Blei	= 45		

Wenn ein Wärmestrahl einen Körper trifft, so wird der Körper durch denselben erwärmt, indessen nimmt der Körper in der Regel nicht die ganze Wärme auf, sondern wirft einen Theil der Wärme zurück, indem er den Wärmestrahl reflectirt. Die Fähigkeit, einen Theil des Wärmestrahls aufzunehmen, nennt man die Absorbtionsfähigkeit des Körpers, die Fähigkeit, einen andern Theil des Wärmestrahls zurückzuwerfen, nennt man das Reflections-Vermögen des Körpers. Die eine ist eine Ergänzung des andern. Die Absorbtionsfähigkeit blanker metallischer Oberflächen nimmt man im Allgemeinen gleich $1/8$ bis $1/7$ von derjenigen einer mit Lampenruß geschwärzten Oberfläche an, sie ist überdies nach Melloni von der Natur der Wärmequelle abhängig. Das Reflections-Vermögen hat etwa folgende relative Werthe:

Quecksilber, Kupfer	= 100	Blei	= 60
Messing, Bronze	= 100	Zinnamalgam	= 10
Silber	= 90	Glas	= 10
Staniol	= 80	desgl. geölt .	= 10
Stahl	= 70	Ruß	= 0

Verhalten des Eisens bei der Erwärmung.

Wenn man Schmiedeeisen erwärmt und allmählig die Temperatur steigert, so zeigen sich im Allgemeinen folgende drei Eigenthümlichkeiten:

a) Veränderung der Farbe;

b) Ausdehnung;

c) Aenderung des Gefüges und der Festigkeit.

a) Veränderung der Farbe durch Erwärmung.

Die Farbe des Schmiedeeisens, welche bei gewöhnlichen Temperaturen, wie schon im vorigen §. besprochen wurde, im frischen Bruch hellgrau ist, ändert sich zwar schon unter dem Einfluß der Luft oder der Bearbeitung, indessen treten die Veränderungen in der Farbe noch in viel lebhafterem Grade auf, wenn man das Eisen erwärmt. Beobachtungen in dieser Richtung sind von Karsten und von Pouillet angestellt worden, sie zeigen, daß bei Temperaturen, die den Siedepunkt des Wassers schon beträchtlich übersteigen, keine Farbe-Aenderung eintritt, dieselbe dagegen zwischen 210 und 370 Grad C. in einer bestimmten Reihefolge stattfinde, und zwar vom Hellgelben durch das Kirschbraune in's Violette, Purpurrothe in's Dunkelblaue und schwach Grüne, bis die Farbe verschwindet. Ueber diese Temperatur hinaus zeigt sich eine Zeit lang keine Aenderung der Farbe, bis endlich von 500 Grad an eben dasselbe Farbenspiel in derselben Folge, aber schwächer ausgeprägt, zum zweiten Male und endlich noch schwächer kurz vor der Weißglühhitze zum dritten Male erscheint.

Der Grund dieser Erscheinungen ist nicht vollkommen aufgeklärt, man sucht ihn theils in dünnen Lamellen, welche sich von der Oberfläche des Eisens ablösen und durch ihre Berührung dies „Iridesciren" hervorbringen sollen, theils in der Bildung einer sehr dünnen Oxydhaut auf der Oberfläche des Eisens, die bei der Erhitzung entsteht. Die von Karsten und Pouillet beobachteten Temperaturen bei diesem Farbenspiel sind in folgender Zusammenstellung enthalten:

210 Grad C. strohgelb (Schmelzpunkt des Zinns).
220 „ „ dunkelgelb.
256 „ „ karmoisin (Schmelzpunkt des Wismuth).
261 „ „ violet, purpur und dunkelblau (Schmelzpuukt des Bleis).

Dies Dunkelblaue geht allmählig in hellblau und meergrün über, bei

370 Grad C. verschwindet diese Farbe ganz (Schmelzpunkt des Zinks).
500 „ „ das Eisen wird von einer leichten Oxydhaut bedeckt; es ist bereits bedeutend weicher geworden, erleidet durch Hammerschläge Eindrücke und läßt sich leicht biegen. Diese Eigenthümlichkeiten wachsen mit der Steigerung der Temperatur.
525 „ „ das Eisen fängt an roth zu werden.
700 „ „ Dunkelrothglühen.
800 „ „ Beginn des Kirschrothglühens.
900 „ „ dunkel (kirschroth).
1000 „ „ hell (kirschroth).
1100 „ „ dunkelorange.
1200 „ „ hellorange.
1300 „ „ weiß.
1400 „ „ Schweißhitze, helle Weißgluth.
1500—1600 Grad C. blendend weiß.

Zwischen 900 und 1200 Grad läßt sich gutes Eisen mit Leichtigkeit chmieden, hin und her biegen, ohne Risse und Sprünge zu zeigen. Schlecht

gefrischte oder schlecht gepuddelte Eisensorten, ebenso Eisen, welches gewisse Stoffe als Verunreinigungen enthält, besitzen diese Eigenschaft nicht und werden dann rothbrüchig genannt.

Der praktische Werth dieses Farbenwechsels ist besonders beim Stahl von Wichtigkeit, indem man aus der Farbe auf die Temperatur zu schließen vermag, welche beim Härten des Stahls von großem Einfluß ist, auch wird das Dunkelblau-Anlassen des Stahls häufig sowohl zur Verzierung gebraucht, als namentlich um ein Schutzmittel gegen den Rost zu erlangen.

Die verschiedenen Zustände des Eisens verhalten sich in Bezug auf den Farbenwechsel nicht ganz übereinstimmend. Im Allgemeinen treten die oben genannten Färbungen beim Stahl schon bei etwas geringeren Temperaturen ein, als die für das Schmiedeeisen angegebenen, wogegen bei grauem Roheisen die Färbungen erst bei etwas höheren Temperaturen erscheinen. Ueber weißes Roheisen liegen in dieser Beziehung keine Versuche vor, indessen ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Farbenerscheinungen bei um so geringeren Temperaturen erscheinen, je härter das Eisen ist. Während nun der Farbenwechsel durch die Härte des Materials und durch die Temperatur bedingt wird, ist die Lebhaftigkeit der Farben von dem Grade der Politur der Oberflächen abhängig, und die Farben sind um so glänzender, je blanker und reiner die Oberfläche ist.

b) Ausdehnung durch Erwärmung.

Die Ausdehnung des Eisens durch Erwärmung ist für alle Fälle, wo diese Ausdehnung als ein Uebelstand zu betrachten ist, gegen andere Metalle als günstig zu bezeichnen.

Das Eisen dehnt sich weniger aus als irgend ein anderes Metall, mit Ausnahme des Platins, Palladiums und Antimons. Die in Bezug auf die Ausdehnung angestellten Versuche beziehen sich fast durchgängig auf lineare Ausdehnung nach der Richtung der größten Dimension; es ist indessen anzunehmen, daß die Ausdehnung nach allen Richtungen gleich groß sei, und man pflegt, da die lineare Ausdehnung doch nur verhältnißmäßig sehr klein ist, dieselbe etwa $^1/_3$ der körperlichen Ausdehnung zu rechnen.

Ueber die Ausdehnung des Schmiedeeisens sind ziemlich zahlreiche Versuche angestellt worden, namentlich von Dulong und Petit, Hallström, Davy und Andern. Aus diesen Versuchen folgt:

1) Die Ausdehnung steht nicht in einfachem Verhältniß zu der Temperatur-Erhöhung.
2) Dieselbe kann indessen innerhalb größerer Temperatur-Intervallen ohne wesentlichen Fehler als näherungsweise constant für jeden Grad der Temperatur-Aenderung angesehen werden.
3) Nach Rinmann ergeben sich für die Verhältnisse der Ausdehnung innerhalb Temperatur-Intervallen von 100 Grad folgende Verhältnißzahlen, bei denen vorausgesetzt ist, daß man die Verlängerung des Stabeisens zwischen 0 und 100 Grad gleich 1 setzt.

Verhältnißzahlen zwischen den Ausdehnungen für Intervallen von 100 Grad:

	von 0° — 100	von 25° — 525	von 25° — 1300	von 1300° — 1500
Eisen	1,00	1,17	0,80	0,44
Stahl	0,93	1,75	1,14	0,58
Gußeisen	0,91	2,05	1,37	0,73

Hieraus folgt, daß das Schmiedeeisen, welches sich zwischen 0 und 100 Grad stärker ausdehnt, als der Stahl und das Gußeisen, von 100 Grad ab sich am wenigsten ausdehnt, so daß die Reihefolge dieser drei Materialien von 100 Grad an sich umkehrt.

Ueber die Ausdehnung des Eisens bis 100 Grad sind die ausführlichsten Versuche von Hallström angestellt worden; sie sind in folgender Tabelle zusammengestellt worden, wobei die Länge des Eisens bei 0 Grad gleich 1 angenommen worden ist.

Temperatur.	Länge des Eisens.	Temperatur.	Länge des Eisens.
— 40° C.	0,999682	+ 40° C.	1,000453
— 30 „	0,999721	+ 50 —	1,000588
— 20 „	0,999811	+ 60 —	1,000734
— 10 „	0,999904	+ 70 —	1,000892
0 —	1,000000	+ 80 —	1,001063
+ 10 —	1,000102	+ 90 —	1,001247
+ 20 —	1,000211	+ 100 —	1,001446
+ 30 —	1,000328		

Das zu diesen Versuchen angewandte Stabeisen hatte bei + 19 Grad C. ein spezifisches Gewicht von 7,736.

Legt man diese Versuche von Hallström zu Grunde und nimmt man die nach Rinmann oben aufgestellten Verhältnißzahlen als richtig an, so hat für jeden Grad Temperaturzunahme (nach der 100theiligen Scala) und wenn man die Länge des Eisens bei 0 Grad gleich 1 setzt, die Verlängerung des Eisens folgende Werthe:

Verlängerung für jeden Grad der Temperaturzunahme:

	von 0° bis 100°	von 25° bis 525°	von 25° bis 1300°	von 1300° bis 1500°
Eisen	0,00001446	0,00001692	0,00001157	0,00000636
Stahl	0,00001345	0,00002531	0,00001648	0,00000839
Gußeisen . . .	0,00001316	0,00002964	0,00001981	0,00001056

Hieraus nun würde folgende Zunahme der Länge eines Eisenstabes folgen, wenn man die Länge bei 0 Grad gleich 1 annimmt:

	Schmiedeeisen.	Stahl.	Gußeisen.
Länge bei 0 Grad	1,000000	1,000000	1,000000
" " 25 "	1,000270	1,000251	1,000246
" " 100 "	1,001446	1,001345	1,001316
" " 525 "	1,008730	0,012906	0,015066
" " 1300 "	1,015022	0,021260	0,025503
" " 1500 "	1,016294	0,022938	0,027615

Bemerkungen.

1) Um z. B. die Länge eines Eisenstabes bei 1300 Grad zu finden, rechnet man folgendermaßen:

Länge bei . . . + 20° = 1,000211 } Nach obiger Tafel
" " . . . . . 30° = 1,000328 } (S. 148.)
Differenz für . . . . 10° = 0,000117
" " . . . . 5° = 0,000059
Hierzu Länge bei . . 20° = 1,000211
Länge bei . . . . . 25° = 1,000270
Differenz von 25° bis 1300°
1275° mal 0,00001157 . = 0,014752
Länge bei 1300 Grad . . = 1,015022.

2) Um die Länge eines Stabes von Stahl bei 25 Grad zu finden, ist folgendermaßen gerechnet worden:

Längenzunahme des Eisenstabes zwischen 0 und 25 Grad 0,000270.

Verhältniß zwischen der Längenzunahme des Eisens und des Stahls innerhalb 0 bis 100 Grad gleich 0,93, folglich Länge des Stahlstabes bei 25° gleich: 1 + 0,93 . 0,000270 = 1,000251.

Will man die Längen-Differenz einer Eisenbahnschiene von 18 Fuß Länge zwischen — 30 Grad + 50 Grad finden, so ergiebt sich dieselbe folgendermaßen:

Länge bei + 50° = 18 . 1,000588
" " — 30° = 18 . 0,999721
Differenz . . . = 18 . 0,000867 = 0,015606 Fuß

oder gleich 2 1/4 Linie.

Die Versuche über die Ausdehnung des Eisens haben übrigens sehr abweichende Resultate gegeben; die meisten sind geringer als die von Hallström gefundenen; so fand für die Länge eines Eisenstabes bei 100 Grad, wenn man diejenige bei 0 Grad gleich 1 annimmt:

Davy	1,00126
Dulong und Petit .	1,00118
Lavoisier und Laplace .	1,00122
Smeaton	1,00126
Troughton (Eisendraht)	1,00144

Legt man nun eine andere als die von Hallström bestimmte Ausdehnung des Schmiedeeisens zwischen 0 und 100 Grad zu Grunde, so wird, unter Voraus-

setzung der Richtigkeit der obigen, nach Rinmann berechneten Tabelle, die Ausdehnung des Eisens, Stahls und Gußeisens für verschiedene Temperatur-Intervallen sich ebenfalls berechnen lassen.

Um übrigens die Ausdehnung des Eisens mit derjenigen anderer Körper vergleichen zu können, geben wir folgende Uebersicht.

Ausdehnungswerthe von 0 bis 100 Grad.

(Die Länge bei 0 Grad gleich 1 gesetzt.)

Zink	$^1/_{340}$	= 0,002941
Blei	$^1/_{351}$	= 0,002849
Weichloth . . . (1 Zinn, 2 Blei)	$^1/_{399}$	= 0,002506
Hartloth . . . . (1 Zink, 2 Kupfer)	$^1/_{460}$	= 0,002174
Zinn	$^1/_{486}$	= 0,002058
Spiegelmetall . .	$^1/_{517}$	= 0,001934
Silber	$^1/_{524}$	= 0,001908
Messing	$^1/_{533}$	= 0,001876
Bronze	$^1/_{550}$	= 0,001818
Kupfer	$^1/_{582}$	= 0,001718
Gold	$^1/_{682}$	= 0,001466
Eisen	$^1/_{692}$	= 0,001446
Wismuth . . .	$^1/_{719}$	= 0,001391
Stahl	$^1/_{743}$	= 0,001345
Gußeisen	$^1/_{760}$	= 0,001316
Tannenkohle . .	$^1/_{1000}$	= 0,001000
Palladium . . .	$^1/_{1000}$	= 0,001000
Spiegelglas . . .	$^1/_{1122}$	= 0,000891
Platin	$^1/_{1132}$	= 0,000884
Weißes Glas . .	$^1/_{1161}$	= 0,000861.

c) Aenderung des Gefüges und der Festigkeit, Schweißbarkeit.

Die Erwärmung des Eisens bildet außer den Farbenerscheinungen und der Ausdehnung noch eine Menge anderer Eigenthümlichkeiten dar, die sich meistens auf die Aenderung des Gefüges beziehen.

Die **Festigkeit** des Eisens wird sowohl in sehr hohen, als in sehr niedrigen Temperaturen (unter dem Gefrierpunkt des Wassers) wesentlich alterirt, und ist in gewisser Beziehung bei diesen Temperaturen geringer, als bei mittlern Temperaturen. Im **Winter** bei Temperaturen unter Null Grad ist das Eisen viel spröder als bei den Temperaturen der Sommerwärme, obwohl diese Aenderung der Festigkeit sich mehr auf Stoßwirkungen und Erschütterungen, als auf ruhige Belastungen bezieht. Für Temperaturen über Null Grad ändert sich die Festigkeit nicht in einfachem Verhältniß mit der Temperatur. Es fehlt freilich noch an Versuchen, bei welcher Temperatur das Eisen das **Maximum** seiner Festigkeit besitze, allein es

ist wohl anzunehmen, daß bei gewöhnlicher Sommerwärme von 20 bis etwa 30 Grad C. und wohl noch darüber hinaus die Festigkeit des Eisens wenig vom Maximum entfernt sei. Nach Versuchen, theils von Tretgold, theils von dem Franklin-Institut in Amerika, scheint die Abnahme der Festigkeit des Stabeisens etwa nach folgender Reihe stattzufinden:

Maximum der Festigkeit = 1,0000	Differenzen für 1 Grad C.
Festigkeit bei 100° = 0,9400	
" " 250° = 0,9262	0,000092
" " 300° = 0,9131	0,000262
" " 350° = 0,8845	0,000572
" " 400° = 0,8373	0,000944
" " 450° = 0,7790	0,001006
" " 500° = 0,6676	0,002228
" " 550° = 0,5522	0,002308
" " 600° = 0,4486	0,002072
" " 650° = 0,3689	0,001594
" " 700° = 0,3000	0,001378

Man sieht hieraus, daß die Verminderung der Festigkeit für bestimmte Temperaturen allmählig wächst, bis in die Gegend von 500 Grad, wo sie am beträchtlichsten ist und von wo ab sie wieder sinkt. Ueber das Verhalten des Gußeisens und des Stahls liegen keine Beobachtungen vor.

Der Schmelzpunkt liegt für die verschiedenen Zustände des Eisens verschieden hoch. Beim Schmiedeeisen liegt er außerordentlich hoch und ist nur näherungsweise bekannt; er liegt zwischen dem Schmelzpunkt des Roheisens und des Platins und mag auf 2000 Grad C. geschätzt werden, obwohl er von Andern auch niedriger angenommen wird; der Schmelzpunkt des grauen Roheisens ist schon oben (§. 14) auf 1530 bis 1587 Grad C. angenommen, weißes Roheisen schmilzt schon bei etwa 1400 Grad C. Der Schmelzpunkt des Stahls liegt zwischen dem des Roheisens und des Schmiedeeisens und dürfte etwa zu 1800 Grad C. anzunehmen sein, er ist im Allgemeinen von dem Kohlenstoffgehalt des Stahles abhängig und um so niedriger, je reicher der Kohlenstoffgehalt ist.

Stabeisen und Stahl haben die Eigenschaft der Schweißbarkeit, welche unter allen andern Metallen nur noch dem Platin und Palladium zukommt. Diese Eigenschaft besteht darin, daß man in sehr hohen Temperaturen zwei Stücke dieser Metalle durch Hämmern mit einander, gewissermaßen indem man sie zusammenknetet, vereinigen kann. Die Bedingungen der Schweißbarkeit eines Metalls sind wesentlich folgende:

1) daß das Metall sich schon lange vor dem Schmelzpunkt bedeutend erweiche, ohne jedoch flüssig zu werden;
2) daß es bei dieser Erweichung plastisch und streckbar bleibt;
3) daß es bei der Erwärmung zu der Schweißhitze nicht oxydire, oder überhaupt seine Oberfläche, oder gar seine chemische Beschaffenheit ändere.

Die beiden ersten Bedingungen sind nur sehr wenigen Metallen eigen; die meisten schmelzen plötzlich, andere werden vor dem Schmelzpunkt spröde und brüchig

und bei noch andern würde die richtige Bestimmung der Schweißhitze, weil sie zu nahe mit dem Schmelzpunkt zusammentrifft, sehr große und in der Praxis kaum ausführbare Vorsichtsmaßregeln erfordern.

Die dritte Bedingung findet zwar beim Stabeisen nicht vollkommen statt, indem sich dasselbe, wie wir schon früher gesehen haben, bei der Erhitzung unter dem Zutritt der Luft sehr leicht mit Glühspahn (Eisenoxydul-Oxyd) bedeckt, allein man kann diesen Uebelstand beseitigen, nämlich dadurch, daß man

a) den Zutritt der Luft während des Erhitzens möglichst abhält, also die Schweißstellen entweder unter einer Kohlendecke oder in einer schützenden Umhüllung von Boraxpulver erhitzt;

b) indem man den gebildeten Glühspahn mittelst leichter Hammerschläge auf die Schweißstelle absprengt und diese solchergestalt vor dem Zusammenschweißen reinigt, und endlich

c) indem man den Glühspahn entweder wieder reducirt, oder auch theilweise zu einer leichtflüssigen Schlacke verschlackt. Hierzu ist von wesentlichem Einfluß die Gegenwart von Kieselsäure.

Diese letztere nun ist entweder schon in den zum Erhitzen verwandten Kohlen vorhanden und befindet sich in der Asche derselben, oder man bringt sie absichtlich hinzu, indem man die Schweißstelle mit reinem Quarzsande bestreut (Schweißsand). Diese sich bildende Schweißschlacke bedeckt die Oberfläche, hindert eine weitere Oxydation und fließt beim Hämmern unter den ersten leichten Hammerschlägen aus der Schweißfuge aus.

Sollte gleichwohl eine dünne Oxydhaut die Oberfläche der Schweißstelle bedecken, so wirkt der Kohlenstoffgehalt des Stabeisens einigermaßen reducirend auf dieselbe, es bildet sich ein weniger kohlenstoffhaltiges Eisen in der Schweißfuge und dies ist nicht ohne wesentlichen Nachtheil für die Schweißbarkeit. Wenn dagegen der Kohlenstoffgehalt aus dem Eisen ganz entfernt wird, so verliert es seine plastische Eigenschaft und ist daher nicht mehr schweißbar; solches Eisen nennt man verbranntes Eisen. Wenn man das Eisen zur Schweißhitze bringt, ohne eine Schlackenbildung zu befördern, so nennt man den Zustand der Weißglühhitze: „trockne Schweißhitze", im Gegensatz zu der „saftigen Schweißhitze", worunter man das Eisen oder den Stahl in der Schweißhitze mit leichtflüssigen Schweißschlacken bedeckt versteht.

Der Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt ist fast ebenso gut schweißbar als das Stabeisen. Man hat dabei dieselben Bedingungen zu erfüllen, indessen ist bei dem Schweißen des Stahls immer eine saftige Schweißhitze vorzuziehen; denn wenn der Stahl an der Oberfläche oxydirt, so wird durch seinen Kohlenstoffgehalt freilich wieder eine Reduktion der Oxydschicht eintreten können, allein nun vermindert sich der Kohlenstoffgehalt, der Stahl geht in Schmiedeeisen über und verliert seine Eigenschaften als Stahl. Man sagt auch in diesem Falle der Stahl sei verbrannt, versteht aber darunter nicht vollkommen entkohltes Eisen, sondern solches Eisen, dessen Kohlenstoffgehalt so weit gesunken ist, daß es nicht mehr die Eigenschaften des Stahls besitzt.

Je weniger fremde Beimischungen das Eisen oder der Stahl enthält, desto

leichter schweißbar ist derselbe; eine Ausnahme macht der Phosphor, indem ein ziemlich bedeutender Gehalt an Phosphor der Schweißbarkeit wenig Eintrag thut, dagegen aber das Eisen kaltbrüchig macht. Ein vermehrter Kohlenstoffgehalt erschwert die Schweißbarkeit.

Deshalb ist Stabeisen leichter schweißbar, als gewöhnlicher Stahl, dieser wieder leichter schweißbar als Gußstahl, und endlich hört schon bei den härtesten Gußstahlsorten die Schweißbarkeit fast ganz auf und die Roheisensorten sind gar nicht mehr schweißbar.

Plötzliche Abkühlung des erwärmten Eisens bedingt, daß fast alle schädliche Eigenschaften, welche das Eisen vor der Erwärmung im kalten Zustande besaß, stärker hervortreten, so daß Eisen, welches die Eigenschaft der Kaltbrüchigkeit besaß, nach einer solchen Behandlung diese Eigenschaft in erhöhtem Maaße zeigt, und Eisen, welches im kalten Zustande hart und spröde war, nach einer Erwärmung und plötzlichen Abkühlung beides in höherem Grade ist. Im Allgemeinen wird durch das plötzliche Abschrecken des Eisens die Härte vermehrt. Dies findet bei allen Zuständen des Eisens statt, am deutlichsten und merkwürdigsten aber beim Stahl, so daß hierauf das Verfahren des „Härtens“ beruht, wovon beim Stahl ausführlicher die Rede sein wird.

Allmähliges Abkühlen des erwärmten Eisens nennt man Ausglühen; durch dasselbe wird die Sprödigkeit, die Härte und Brüchigkeit des Eisens im Allgemeinen vermindert, und man wendet daher diese Operation immer an, wenn Eisen, das durch Hämmern, Walzen, Ziehen ꝛc. sein Gefüge geändert hat, weiter bearbeitet werden soll und daher wieder weich gemacht werden soll.

Es ist hiervon am geeigneten Orte schon früher die Rede gewesen, ebenso über die Veränderungen des grauen und des weißen Roheisens durch plötzliche Abkühlung oder durch langsames Erkalten.

Der Einfluß der Abkühlung des Eisens ist um so intensiver, je höher die Temperatur war, auf welche man dasselbe erwärmt hatte und je besser das umgebende Mittel die Wärme leitet, je schneller also die Abkühlung erfolgt. Abkühlung in freier Luft ist wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Luft immer eine langsame Abkühlung; soll dagegen die Abkühlung plötzlich erfolgen, so muß man dieselbe in Wasser, oder in metallenen Schaalen (wie beim Herdguß) vornehmen und dafür sorgen, daß die Masse des Abkühlungsmittels hinreichend groß sei, gegen diejenige des abzukühlenden Eisens.

Das geschmolzene Eisen ist, wie bereis im §. 14. erwähnt worden, dichter als das ungeschmolzene, da letzteres auf ersterem schwimmt. Eigenthümlich ist jedoch die Erscheinung, daß dies nur stattfindet, wenn das feste Roheisen vorher erwärmt ist, ein kaltes Stück Eisen sinkt in dem geschmolzenen Roheisen unter; man pflegt diese Thatsache durch die Repulsion des heißen Eisens gegen die kalte Oberfläche zu erklären, in ähnlicher Weise, wie der Leidenfrost'sche Versuch zeigt, daß man die Hand in geschmolzenes Eisen eintauchen kann, ohne sich zu verletzen, sobald nur die Hand kalt und etwas feucht ist.

Nach dem Erstarren zieht sich das Eisen durch Abkühlung zusammen und füllt die Form nicht mehr vollständig aus; der Werth dieser Zusammen-

ziehung ist bereits im §. 14. angegeben worden. Hier mag zur Vergleichung mit andern Metallen folgende Zusammenstellung folgen:

Glockenmetall			durchschnittlich	$^1/_{63}$
Messing	$^1/_{80}$ bis	$^1/_{50}$ . .	"	$^1/_{64}$
Statüenbronze	$^1/_{82}$ bis	$^1/_{72}$	"	$^1/_{77}$
Zink . . .	$^1/_{97}$ "	$^1/_{65}$	"	$^1/_{80}$
Eisen . .	$^1/_{98}$ "	$^1/_{95}$	"	$^1/_{97}$
Blei . . .	$^1/_{104}$ "	$^1/_{86}$	"	$^1/_{92}$
Kanonenmetall			"	$^1/_{130}$
Zinn (reines)	$^1/_{172}$ bis	$^1/_{120}$	"	$^1/_{147}$

Man nennt das Maaß dieser Zusammenziehung das Schwindemaaß. Im Augenblicke des Erstarrens dagegen dehnt sich das Eisen, da es nun wieder in den Zustand einer geringeren Dichtigkeit übergeht, ein wenig aus und füllt dadurch die Form vollständig an; eine Eigenthümlichkeit, welche noch das Zink mit dem Gußeisen gemeinschaftlich hat, weshalb beide Metalle sich besonders gut zu scharfen Abgüssen eignen.

§. 26.

Fehler des Eisens und Prüfung desselben.

Wir haben in den vorigen Paragraphen die Eigenschaften des Eisens im Allgemeinen unter der Voraussetzung besprochen, daß das Eisen vollkommen gut und zu allen Maschinentheilen brauchbar sei; nur andeutungsweise haben wir gewisse fehlerhafte Eigenschaften hervorgehoben. Es ist aber von Wichtigkeit diese fehlerhaften Eigenschaften zu kennen und wir stellen sie daher hier übersichtlich zusammen, zugleich mit der Klassifikation der verschiedenen Eisensorten, nach ihren Eigenschaften und den Proben zur Untersuchung des Eisens auf seine Güte.

Die wichtigsten Fehler des Schmiedeeisens sind:

1) das Eisen ist unganz, d. h. es kommen in dem Eisen Stellen vor, welche nicht zusammenhängen, bei denen die Cohäsion unterbrochen ist. Diese Stellen zeigen sich, sobald die Eisenfläche polirt oder überhaupt nur blank ist, als feine schwarze Risse und Linien, sie lassen sich kaum beseitigen, wenigstens nicht während der gewöhnlichen Bearbeitung, da sie nur durch wiederholtes Durcharbeiten und Schweißen fortgeschafft werden können. Oft sieht man die unganzen Stellen nur mit der Loupe, oft aber durchziehen sie in sehr deutlich erkennbarer Weise das ganze Gefüge des Eisens;
2) das Eisen ist schiefrig, wenn die unter Nr. 1 genannte Eigenschaft in so hohem Grade auftritt, daß sich kleine Eisenspähne aus der Oberfläche los lösen und absplittern. Dergleichen Spähne nennt man Schiefer;
3) das Eisen hat Aschlöcher oder Aeschel, wenn die Unganzheit darin besteht, daß sich auf der Oberfläche und im Bruch kleine runde Höhlungen in Form von schwarzen Pünktchen oder Flecken zeigen;

4) das Eisen hat Kantenrisse, eine Art der Unganzheit, die sich darin zeigt, daß bei scharfkantigen Querschnitten die Kanten einreißen und mit Sprüngen und Spalten versehen sind. Diese Sprünge lassen sich bei der Verarbeitung nicht mehr herausbringen, sie bleiben immer als unganze Stellen bestehen, selbst wenn man das Eisen noch so dünn ausschmiedet oder auswalzt; man muß daher schon in den Millbars die Kantenrisse herausmeißeln, damit sie nicht weiter sich fortpflanzen;

5) das Eisen hat Adern. Man versteht unter Adern harte Stellen in weichem Eisen, welche bald als harte Körner, die in die weichere Eisenmasse eingesprengt sind, bald aber auch als harte sich auf eine beträchtliche Länge hinziehende Streifen zeigen, die der Bearbeitung durch den Drehstichel und der Feile widerstehen und die Darstellung einer regelmäßigen und richtigen Oberfläche wesentlich erschweren;

6) das Eisen ist verbrannt, wenn durch zu große Hitze der Kohlenstoffgehalt demselben fast ganz entzogen ist; es ist dann mürbe, zerreiblich und nicht schweißbar (s. §. 25). Diese Eigenschaft kann auch durch häufig wiederholtes und durch zu starkes Ausglühen entstehen;

7) das Eisen ist rohbrüchig, wenn es noch eine Menge Theile enthält, die nicht in Schmiedeeisen umgewandelt sind, die also noch theils weißes, theils graues Roheisen darstellen. Das Eisen ist dabei meist hart und hat Adern, es läßt sich schwer schmieden und bricht beim Biegen sowohl in der Glühhitze als im kalten Zustande leicht, ohne eben mürbe zu sein;

8) das Eisen ist faulbrüchig, wenn es sowohl in Hitze als bei gewöhnlichen Temperaturen mürbe, brüchig und wenig streckbar ist. Dieser Fehler ist entweder einem Gehalt von Calcium, Kalium oder an Silicium beizumessen (s. §. 23), oder er ist dadurch entstanden, daß man beim Zängen die Frischschlacke nicht gehörig herausgebracht hat und daß dieselbe daher in der Eisenmasse noch mehr oder minder fein zertheilt vorhanden ist;

9) das Eisen ist rothbrüchig, wenn es in der Rothglühhitze sich nicht biegen und hämmern läßt, ohne zu brechen oder Risse zu bekommen. Man schreibt diesen Fehler gewöhnlich der Verunreinigung mit Schwefel, selbst einem sehr geringen Schwefelgehalt zu, es genügt 0,01 Procent oder $^1/_{10000}$ der Masse, um das Eisen rothbrüchig zu machen (§. 23). Uebrigens läßt sich rothbrüchiges Eisen in der Schweißhitze gut schweißen und kalt strecken, hämmern und biegen ohne zu brechen;

10) das Eisen ist kaltbrüchig, wenn es sich bei gewöhnlichen Temperaturen nicht biegen und hämmern läßt, ohne zu brechen, zu zerspringen oder aufzureißen. Der Grund der Kaltbrüchigkeit ist in den meisten Fällen ein Phosphorgehalt über $^1/_2$ Procent, oder auch ein Gehalt an Chrom, Antimon, Arsenik, Zink rc. (S. §. 23). Kaltbrüchiges Eisen läßt sich meistens gut schmieden, schweißen und überhaupt in den höhern Temperaturen ohne Schwierigkeit bearbeiten.

Um eine Eisensorte in Bezug auf ihre Güte beurtheilen zu können, hat man sowohl gewisse äußere Merkmale, als auch gewisse Proben, die man in

Anwendung zu bringen pflegt. Die äußern Merkmale beziehen sich auf den Glanz, die Farbe und das Gefüge, sie sind immerhin sehr unsicher und oft trüglich.

Ueber die Farbe und das Gefüge des Eisens sind bereits in §. 24. die nöthigen Andeutungen gegeben. Der Glanz steht in gewisser Beziehung zur Farbe. Ist die Farbe grau, so muß das Schmiedeeisen von guter Beschaffenheit einen lebhaften Glanz zeigen, wenn dagegen die Farbe bläulich weiß ist, so muß der Glanz matt und gering sein. In diesen beiden Combinationen hält man das Schmiedeeisen für gut; wenn dagegen die graue Farbe mit einem matten Glanz, oder die weiße Farbe mit einem sehr lebhaften Glanz verbunden ist, so schließt man auf eine fehlerhafte Beschaffenheit des Eisens. So zeigt verbranntes Eisen einen lebhaften Glanz bei weißer Farbe und flachkörnigem, fast blättrigem Gefüge; kaltbrüchiges Eisen hat bei lebhaftem Glanz und weißer Farbe ein schuppiges Gefüge; rothbrüchiges Eisen hat bei hackigem und gutem sehnigen Bruch meist eine graue Farbe mit sehr geringem Glanze.

Ob das Eisen unganz und schiefrig mit Aschenlöchern und Kantenrissen versehen sei, lehrt meist der Augenschein, namentlich wenn man eine reine metallische Oberfläche mit der Loupe betrachtet; ob das Eisen Adern habe, kann man am besten durch Bearbeitung eines Stückes, sonst auch durch Anätzen erfahren. Man bedient sich hierbei eines sehr verdünnten Scheidewassers oder sehr verdünnter Schwefelsäure, die etwa nur den sauren Geschmack des Essigs besitzt, muß aber vor dem Aetzen die Oberfläche metallisch rein und namentlich frei von Fett herstellen, zu welchem Zweck man die Oberfläche mit Holzasche oder mit Kalk naß abreibt.

Glatte Oberfläche und scharfe Kanten eines Eisenstabes lassen meist auf gute Beschaffenheit desselben schließen, wenigstens zeigt das Gegentheil in der Regel eine schlechte Beschaffenheit des Eisens an.

Die Proben, welche man mit dem Eisen anstellt, sind theils sogenannte kalte Proben, theils heiße Proben.

Die kalten Proben lehren, ob das Eisen kaltbrüchig sei; man pflegt die Eisenstange mit Gewalt auf einen eisernen Ambos zu werfen oder zu schlagen, man legt sie an beiden Enden auf, so daß sie in der Mitte hohl liegt, und schlägt in der Mitte mit einem schweren Hammer darauf, oder läßt ein schweres Eisenstück aus einer gewissen Höhe darauf fallen. Diese Proben dürfen aber nicht bei Frostwetter, sondern müssen bei mäßigen Wärmegraden angestellt werden. Dünnere Eisenstäbe biegt man mit Gewalt mehrmals hin und zurück, man verdreht sie, indem man ein Ende fest einspannt, man hämmert sie in zwei rechte Winkel um und biegt sie wieder auf, oder man schneidet mit einem Meißel einen langen Spahn von der Kante aus und untersucht, welche Konsistenz derselbe besitzt.

Wenn sich ein solcher Spahn leicht kräuselt, gut zusammenhält und elastisch ist, so ist das Eisen zähe und biegsam.

Die heiße Probe besteht im Erwärmen des Eisens, wobei man den Farbenwechsel beobachtet, man schmiedet es in verschiedene Formen, biegt es hin und her, spaltet es auf und biegt die Enden nach entgegengesetzten Richtungen auseinander;

man durchlocht es, schmiedet es zu dünnen Platten aus und reckt namentlich die Kanten sehr dünn aus, um zu sehen, ob es rothbrüchig sei; endlich schweißt man es zusammen und untersucht die Festigkeit der Schweißstelle.

Wie bei allen diesen Proben gutes Eisen sich verhalten müsse, braucht kaum besonders angeführt zu werden. Hat das Eisen alle diese Proben gut bestanden, so kann man im Allgemeinen zufrieden sein. Uebrigens pflegt man das Eisen nach der Art seines Verhaltens bei diesen Proben verschieden zu klassificiren.

Gutes zähes Eisen, welches sich durch bedeutende Härte und Festigkeit, verbunden mit Biegsamkeit und Streckbarkeit, auszeichnet; dasselbe hat ein feinkörniges, sehniges, sehr reines Gefüge, hellgraue Farbe mit Metallglanz und ist namentlich zu solchen Maschinentheilen geeignet, welche starken Drucken und bedeutenden Reibungswiderständen ausgesetzt sind, man wählt es daher zu den Radreifen für Locomotiven und andere Eisenbahnfahrzeuge, zu Achsen u. dgl.

Gutes weiches Eisen bildet mit dem erstgenannten die vorzüglichste Eisenqualität, es ist weniger feinkörnig, als das vorige, dagegen von großer Reinheit, Biegsamkeit und Streckbarkeit; es wird daher auch vorzugsweise zu allen feinern Maschinentheilen verwandt und überall da, wo man Eisen zu sehr kleinen Dimensionen auszuarbeiten hat.

Fehlerfreies Eisen nennt man solches, welches zwar die Eigenschaften des guten Eisens, aber in geringerem Grade besitzt, und endlich:

Fehlerhaftes Eisen solches, welches einen oder den andern der oben genannten Fehler hat.

§. 27.

Widerstand eiserner Stäbe gegen Ausrecken, Elasticität und absolute Festigkeit.

Indem wir nun auf die Verhältnisse der Elasticität und der Festigkeit des Eisens eingehen, bietet sich ein weites Feld von Untersuchungen und Beobachtungen dar, welche über diesen Gegenstand vorliegen, ohne jedoch alle Fragen vollständig zu erschöpfen. Es liegt in der Natur des hier zu verhandelnden Gegenstandes, daß alle Beobachtungen sich immer nur auf gewisse Sorten von Eisen beziehen und daß, so verschieden diese Sorten in ihren sonstigen Eigenschaften sind, so verschieden auch die Resultate sein müssen, welche jene Untersuchungen in Bezug auf Elasticität und Festigkeit lieferten. Zunächst zeigen die drei Hauptzustände des Eisens, nämlich Schmiedeeisen, Stahl und Gußeisen in Bezug auf Elasticität und Festigkeit sehr verschiedenes Verhalten und es dürfte für die Vergleichung von Interesse sein, wenn wir diese drei Zustände in Folgendem stets nebeneinander behandelten, obwohl wir die übrigen Eigenschaften und die Darstellungsweise des Stahls einer spätern Besprechung noch vorbehalten.

Ueber den Elasticitäts Modulus*) des Eisens (vergl. §. 7. S. 18) sind namentlich von Hodgkinson eine Reihe sorgfältiger Versuche angestellt worden. Bezeichnet wieder, wie früher:

*) Masch. Th. I. §. 88.

E den Elasticitäts-Modulus,
P die Belastung eines Eisenstabes,
F den Querschnitt,
L die Länge des Stabes,
λ die Verlängerung unter Einwirkung der Kraft P,

so besteht die Gleichung $E = \frac{P}{F} \cdot \frac{L}{\lambda}$.

Das Eisen, mit welchem Hodgkinson seine Versuche anstellte, war von der besten Beschaffenheit; die Stangen waren aus mehrern Längen zusammengesetzt und durch Muffen verbunden, so daß sie eine Gesammtlänge von ungefähr 47 preuß. Fußen hatten, bei einem mittlern Durchmesser von circa $\frac{1}{2}$ Zoll und einem Querschnitt von 0,1979 Quadratzoll preuß.

Bei jeder Kraftäußerung der Belastung wurde die Total-Verlängerung und nach Wegnahme derselben die permanente Verlängerung gemessen, wonach man durch Unterschied die elastische Verlängerung ableitete. Die bedeutende Länge der Stangen gestattete eine sehr genaue Messung dieser Verlängerungen. Folgende Tabelle giebt die Resultate nur einer Reihe der Versuche von Hodgkinson. Dieselben sind auf Zollpfund*) für den preuß. Quadratzoll berechnet.

Tabelle

der Versuche von Hodgkinson über den Elasticitätsmodulus für das Ausrecken von schmiedeeisernen Stangen.

Belastungen pro Quadratzoll preuß. in Zoll-Pfunden. P**)	Verlängerung für jede Längen-Einheit. Total.	Verlängerung für jede Längen-Einheit. Permanent.	Elasticitäts-Modulus in Zollpfunden pro Quadratzoll preuß. E**)
2565	0,000 082 117	—	31 100 000
5130	0,000 185 261	—	27 700 000
7695	0,000 283 704	0,00 000 254	27 070 000
10260	0,000 379 476	0,0000 033 894	27 000 000
12825	0,000 475 113	0,0000 042 398	27 000 000
15390	0,000 570 792	0,00 000 508	27 000 000
17955	0,000 665 647	0,0000 067 705	27 000 000
20520	0,000 760 311	0,0000 100 879	27 000 000
23085	0,000 873 265	0,0000 330 283	26 400 000
25650	0,001 012 911	0,0000 829 955	25 300 000
28215	0,001 283 361	0,0002 616 950	22 000 000
30780	0,002 227 205	—	—
—	0,002 359 800	0,0011 297 600	13 000 000
33345	0,004 287 185	0,0030 709 900	7 800 000

*) 1 Zollpfund gleich $\frac{1}{2}$ Kilogramm.

**) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um den Werth in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Belastungen pro Quadratzoll preuß. in Zoll-Pfunden. P**).	Verlängerung für jede Längen-Einheit. Total.	Permanent.	Elasticitäts-Modulus in Zollpfunden pro Quadratzoll preuß. E**).
35910	0,009 156 490	0,0084 690 700	3 910 000
—	0,009 950 970	0,0085 748 700	—
38475	0,010 492 805	0,0091 023 600	3 680 000
wiederholt			
nach 1 Stunde	0,011 750 314	—	—
" 2 "	0,011 858 889	—	—
" 3 "	0,011 933 837	—	—
" 4 "	0,011 942 168	—	—
" 5 "	0,011 958 835	—	—
" 6 "	0,011 967 149	—	—
" 7 "	0,012 027 114	—	—
" 8 "	0,012 027 114	—	—
" 9 "	0,012 027 114	—	—
" 10 "	0,012 027 114	—	—
41040	0,017 888 263	0,0165 145	2 290 000
—	0,019 478 898		
—	0,01 984 831	0,0184 212	—
—	0,02 022 006	0,0188 886	
43605	0,02 148 590	0,0197 954	202 000
—	0,02 169 401	—	—
—	0,02 170 242	—	—
46170	0,02 477 441	0,0220 119	1 860 000
—	0,02 514 184	0,0227 087	—
—	0,02 522 512	—	—
48735	0,03 493 542	0,0328 201	1 300 000
—	0,03 519 357	—	—
—	0,03 512 190	—	—
51300	—	—	—

Aus den Versuchen von Hodgkinson scheint zu folgen, daß selbst bei geringen Belastungen bleibende Verlängerungen entstehen, allein schon Morin bemerkt zu dieser Folgerung, daß keine der aufgeführten Versuche dahin gerichtet gewesen sei, zu ermitteln, ob die Zeit, welche die Verlängerung vermehrt, wenn die Belastung hängen bleibt, nicht auch dazu beiträgt, daß die scheinbar permanente Verlängerung wieder verschwindet, wenn die Last entfernt wird. Ferner ist zu bemerken, daß zwischen den Grenzen, wo die Verlängerungen des Eisens den Belastungen proportional sind, nämlich bis zu einer Belastung von circa 21000 Zoll-Pfund auf den preußischen Quadratzoll die permanenten Belastungen verschwindend klein sind, und im ungünstigsten Falle nur etwa 0,17 Linien auf einen Fuß Länge betragen würden, d. i. nicht ganz 1½ Zoll auf 100 Fuß Länge.

Uebrigens folgt aus den Versuchen von Hodgkinson:

1) daß bis zu einer Belastung von 20 000 Zollpfund auf den preuß. Quadratzoll die totalen Verlängerungen proportional den Belastungen zunehmen;
2) daß dies derselbe Fall mit den permanenten Verlängerungen ist, obwohl dieselben an diesen Grenzen außerordentlich klein sind;
3) daß über die Belastung von 20 000 Zoll-Pfund pro preuß. Quadratzoll hinaus und besonders von einer Belastung gleich 25 600 Zollpfund ab, sowohl die totalen als die permanenten Verlängerungen sehr schnell und in stärkerem Verhältniß als die Belastungen wachsen;
4) daß an einem gewissen Punkt, und zwar vor der Belastung von 30800 Pfd. pro Quadratzoll die totalen Verlängerungen wieder ziemlich proportional den Belastungen werden, jedoch in einem viel größern Verhältnisse, als bei den geringern Belastungen. Bei denjenigen Belastungen, die dem Bruche nahe kommen, sind die Verlängerungen wieder regelmäßig kleiner als die aus jener Proportionalität berechneten;
5) innerhalb der Elasticitäts-Grenze, d. h. so lange die etwa vorhandenen bleibenden Verlängerungen noch ganz vernachlässigt werden können, ist der Elasticitäts-Modulus mit genügender Sicherheit auf

27 000 000 Zollpfund auf den preuß. □Zoll,
oder 29 000 000 preuß. Pfd. „ „ „ „
„ 19 700 Kilogramm auf 1 □Millimeter anzunehmen.

Bei Gelegenheit des Baues der Kettenbrücke bei Mühlheim a. d. Ruhr sind über die Bestimmung der Elasticitäts-Verhältnisse des Schmiedeeisens eine Reihe interessanter Versuche von Malberg angestellt worden*). Das zu den Ketten der Brücke bestimmte und bei den Versuchen benutzte Eisen ist aus mit Holzkohlen im Hohofen kalt erblasenem Roheisen dargestellt, welches im Puddlingsofen gefrischt und demnächst ausgewalzt ist. Dasselbe wurde nach dem Frischen in Packeten von 10 übereinander liegenden Stücken im Schweißofen geschweißt, und dann unter einem 12 000 (preuß.) Pfund schweren Hammer ausgeschmiedet. Nachdem das Eisen dann wieder eine Schweißhitze erlangt hatte, wurde solches in dazu geeigneten Walzen zu den vorgeschriebenen Dimensionen ausgewalzt.

Ohne hier auf die sehr ausführlichen Details dieser Versuche eingehen zu können, sei nur bemerkt, daß die untersuchten Kettenstäbe eine Länge von 5 bis 8 Fuß hatten, daß man die Belastungen allmählig steigerte bis die Grenze der vollkommenen Elasticität erreicht war, und daß demnächst die Versuche bis zum vollständigen Zerreißen fortgesetzt wurden.

Folgende Tabelle habe ich aus den Angaben von Malberg berechnet.

---

*) Verhandl. des Vereins zur Bef. des Gewerbefleißes in Preußen. Jahrgang 1849. S. 168 u. s. w.

Tabelle
über die Elasticitäts-Verhältnisse des Schmiedeeisens, berechnet nach Versuchen von Malberg.

Nr. der Versuche.	Dimensionen der Stäbe. Breite. Zoll.	Dicke. Linien.	Querschnitt □Zoll.	Belastung an der Grenze der vollkommenen Elasticität in Zollpfund pro □Zoll preuß.*)	Verlängerung an der Grenze der vollkommenen Elasticität für jede Längen-Einheit.	Elasticitäts-Modulus*) in Zollpfund pro □Zoll preuß.
1	6 1/24	11	5,538	20406	0,0011 200	18 214 000
2	6	10 3/4	5,375	22800	0,0010 753	21 212 000
3	6	10 1/2	5,250	22200	0,0011 200	19 821 000
4	6 1/24	10	5,034	23100	0,0009 857	23 440 000
5	6	10 1/2	5,250	22050	0,0009 857	22 371 000
6	6	11	5,500	21800	0,0009 857	22 116 000
7	6	10 1/2	5,250	24200	0,0009 857	24 551 000
8	6	10	5,000	21800	0,0010 428	20 905 000
9	6 1/12	10 1/2	5,323	23100	0,0009 857	23 440 000
10	6	10 1/2	5,250	23400	0,0009 857	23 739 000
		Durchschnitt		22480	0,0010 272	21 885 000**)

Nach diesen Versuchen von Malberg ist also der Elasticitäts-Modulus für Schmiedeeisen nur: 21 900 000 Zollpfund auf 1 preuß. □Zoll,
oder: 23 400 000 preuß. Pfund auf 1 preuß. □Zoll,
oder: 16 000 Kilogrammes auf 1 □Millimeter.

Diese Thatsache bestätigt, daß:

der Elasticitäts-Modulus bei stärkern Eisensorten im Allgemeinen geringer ist, als bei schwächern Eisensorten.

Die nachfolgenden Versuche von Bornet mit Eisenstangen von 49,5 Millimeter (1,89 Zoll) Durchmesser, also von 1924,42 Quadrat-Millimeter (2,81 Quadratzoll) Querschnitt und von 6,42 Millimeter (19,45 Fuß) Länge, sowie die Versuche von Ardant mit ausgeglühten Drähten von weichem Eisen und mit nicht ausgeglühten Drähten von hartem Eisen geben weitere Bestätigungen für diese Thatsache. Die Zahlen sind aus den von Morin mitgetheilten Versuchen für preußisches Maaß umgerechnet worden und demnächst ist der Elasticitäts-Modulus ermittelt worden:

---

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um den Werth in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

**) Berechnet, indem man die Durchschnittszahlen 22480 und 0,0010 272 dividirt.

Verhältniß, in welchem die Belastung zunimmt.	Stangen von zähem Eisen.			Eisendraht.				
	Belastung pro preuß. □Zoll in Zollpfund. *)	Verlängerung für jede Längeneinheit.	Elasticitäts-Modulus in Zollpfund pro preußischen □Zoll. *)	Belastung pro preuß. □Zoll in Zollpfund. *)	Verlängerung für jede Längeneinheit.		Elasticitäts-Modulus in Zollpfund pro preußischen □Zoll.	
					Weiches, ausgeglühtes Eisen	Hartes, nicht ausgeglühtes Eisen	Weiches, ausgeglühtes Eisen. *)	Hartes, nicht ausgeglühtes Eisen. *)
1	2 736	0,00 008	34 200 000	6 840	0,000 294	0,000 260	23 270 000	26 310 000
2	5 472	0,00 016	34 200 000	13 680	0,000 588	0,000 520	23 270 000	26 310 000
3	8 208	0,00 031	34 300 000	20 520	0,000 882	0,000 780	23 270 000	26 310 000
4	10 944	0,00 036	30 400 000	27 360	0,001 176	0,001 040	23 270 000	26 310 000
5	13 680	0,00 047	29 100 000	34 200	0,001 470	0,001 300	23 270 000	26 310 000
6	16 416	0,00 055	29 800 000	41 040	0,002 500	0,001 569	16 420 000	25 520 000
6 1/2	—	—	—	44 460	0,013 000	—	4 174 000	—
7	19 152	0,00 069	29 200 000	47 880	0,014 100	0,002 020	3 397 000	23 700 000
8	21 888	0,00 086	25 400 000	54 720	0,018 000	0,002 400	304 000	22 800 000
8 1/2	—	—	—	58 140	0,020 500	—	283 000	—
9	24 624	0,00 220	11 100 000	61 560	Bruch	0,002 820	—	21 800 000
—	—	—	—	67 032	—	0,003 100	—	21 600 000
10	27 360	0,01 576	1 737 000	68 400	—	Bruch	—	—
11	30 096	0,02 434	1 230 000	—	—	—	—	—
12	32 832	0,03 497	939 000	—	—	—	—	—
13	35 568	0,04 696	757 000	—	—	—	—	—
14	38 304	0,06 770	566 000	—	—	—	—	—
15	41 040	0,08 939	459 000	—	—	—	—	—
16	43 776	0,13 248	406 000	—	—	—	—	—
—	—	Bruch	—	—	—	—	—	—

Aus diesen Versuchen ist ersichtlich:

1) daß die Moduln der Elasticität nur bei verhältnißmäßig geringen Belastungen als nahezu constant anzusehen sind, und zwar bei zähem Eisen bis zu einer Belastung von etwa 20000 Zollpfund auf einen Quadratzoll, bei Drähten bis zu einer Belastung von etwa 34000 Zollpfund pro preußischen □Zoll.;
2) daß nach Ueberschreiten der genannten Grenze die Elasticitäts-Moduln anfangs langsam, dann in einer gewissen Gegend sehr schnell, und dann wieder langsamer und ziemlich constant abnehmen, indem nämlich nach Ueberschreitung jener Grenze die Verlängerungen anfänglich langsamer, dann in einer bestimmten Gegend sehr schnell, und dann wieder in der Nähe der Bruchbelastung wieder langsamer und ziemlich constant wachsen.

Diese Erscheinung zeigt sich am auffallendsten bei dem zähen Eisen, wo der Elasticitäts-Modul zwischen 20000 und 25000 Pfund Belastung von 29 auf 11 Millionen Pfund abnimmt, und dann zwischen 25000 und 27000

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes für 1 □Centimeter zu erhalten.

Pfund plötzlich auf 1³/₄ Millionen Pfund sinkt; weniger lebhaft tritt dieser Umstand bei dem weichen ausgeglühten Draht und am wenigsten bei dem harten, nicht ausgeglühten Draht auf, denn hier bemerkt man, daß bei ersterem der Elasticitäts-Modul zwischen 34000 und 41000 Pfund von 23 auf 16 Millionen Pfund, zwischen einer Belastung von 41000 und 44000 Pfund aber plötzlich von 16 Millionen auf 4 Millionen Pfund abnimmt, während bei dem harten, nicht ausgeglühten Draht die Abnahme des Elasticitäts-Modulus innerhalb dieser Grenzen nur sehr gering ist.

3) Unmittelbar vor dem Bruch ist der Elasticitäts-Modul

bei zähem Eisen . $\frac{466}{34200} = \frac{1}{84,23}$

bei weichem Draht $\frac{283}{23270} = \frac{1}{82,23}$

bei hartem Draht $\frac{2160}{2631} = \frac{1}{1,22}$

des ursprünglichen Werthes.

Man sieht hieraus, daß während zähes und weiches Eisen kurz vor dem Bruch ihre Elasticität fast ganz verloren haben, schon lange vorher sehr bedeutende Verlängerungen zeigen, und so gewissermaßen den Bruch vorher schon ankündigen: bei hartem, nicht ausgeglühtem und daher besonders elastischem Eisen die Elasticität fast unverändert bis zum Augenblicke des Bruchs bestehen bleibt, die Verlängerungen sehr allmählig und viel langsamer wachsen, und der Augenblick des Bruchs daher nicht schon längere Zeit vorher zu erkennen ist.

Diese Bemerkung charakterisirt überhaupt im Allgemeinen den Unterschied des Verhaltens bei der Ausdehnung und bei dem Bruch, welcher zwischen weichen und zähen Körpern einerseits, und harten und elastischen Körpern andererseits stattfindet.

Erstere dehnen und recken sich vor dem Bruch, verlieren ihre Elasticität und zerreißen allmählig, letztere dagegen bleiben bis zum Augenblick des Bruchs fast vollkommen elastisch, recken sich sehr wenig und zerreißen plötzlich.

Ueber die Elasticitäts-Verhältnisse des Gußeisens liegen Versuche von Eaton Hodgkinson vor. Dieselben wurden mit vier verschiedenen Sorten Gußeisen gemacht, die Stangen hatten einen Querschnitt von 0,8 preußischen □Zollen (6,45 □Centim.) bei einer Gesammtlänge von 48,6 Fuß (15,25 Mtr.) welche gebildet wurden durch einzelne Stangen von 9,7 Fuß (3,05 Mtr.) Länge. Die folgende Tabelle giebt die Mittelwerthe aus den vier verschiedenen Gußeisensorten.

Verhältniß, in welchem die Belastungen wachsen.	Belastungen pro □Zoll preußisch in Zollpfunden. P *)	Verlängerungen für jede Längen-Einheit.		Elasticitäts-Modul für einen preußischen □Zoll in Zollpfunden. E *)
		Total.	Permanent.	
1	1 013	0,000 075	—	13 500 000
1,5	1 520	0,000 114	0,00000 183	13 300 000
2	2 026	0,000 155	0,00000 454	13 070 000
3	3 039	0,000 239	0,00000 891	12 700 000
4	4 052	0,000 326	0,00001 460	12 430 000
5	5 065	0,000 416	0,00002 200	12 150 000
6	6 078	0,000 510	0,00003 100	11 920 000
7	7 091	0,000 611	0,00004 300	11 600 000
8	8 104	0,000 715	0,00005 590	11 330 000
9	9 117	0,000 828	0,00007 030	11 010 000
10	10 130	0,000 946	0,00008 840	10 710 000
11	11 143	0,001 068	0,00010 880	10 430 000
12	12 156	0,001 206	0,00013 390	10 080 000
13	13 169	0,001 392	0,00017 460	9 460 000
14	14 182	0,001 548	0,00020 070	9 160 000
15	15 095	Bruch.	—	—

Man sieht aus diesen Versuchen, daß das Gußeisen sich in seinem Verhalten gegen Belastungen, die auf Ausrecken wirken, den harten und elastischen Körpern, wie wir sie oben charakterisirt haben, anschließt. Der Elasticitäts-Modulus ist noch viel weniger constant, als beim Schmiedeeisen, ja es ist keine Gegend der Tabelle, in welcher er auch nur für kurze Zeit constant wäre, aber er nimmt auch nirgends plötzlich ab, sondern vermindert sich von Null Belastung bis zum Augenblicke des Bruchs ganz allmählig, indem die Verlängerungen etwas schneller wachsen, als die Belastungen. Unmittelbar vor dem Bruch ist der Elasticitäts-Modulus noch $\frac{916}{1350} = \frac{1}{1,47}$ des ursprünglichen. Nimmt man einen mittlern Elasticitäts-Modulus, so würde derselbe, wenn man das Mittel zwischen den äußersten Grenzen berechnete, 11 330 000 Zollpfund für den preußischen Quadratzoll betragen.

Dieser Elasticitäts-Modul entspricht nach der Tabelle einer Belastung von circa 8100 Zollpfund pro Quadratzoll und einer Ausreckung von 0,000715 der ursprünglichen Länge; man pflegt diese Werthe als Grenze der vollkommenen Elasticität für gewöhnliches Gußeisen anzusehen; obschon die obige Tabelle lehrt, daß eigentlich von solchen Grenzwerthen hier nicht die Rede sein kann. Gutes, feinkörniges Gußeisen hat für die genannten Werthe durchweg günstigere Zahlen.

---

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilo rammes pro □Centimeter zu erhalten.

Ueber den Stahl liegen derartige Versuchsreihen leider nicht vor, und wir müssen uns darauf beschränken, in den folgenden Zusammenstellungen einige Resultate anzuführen.

Zusammenstellung der Elasticitäts-Verhältnisse verschiedener Eisen- und Stahl-Arten.

Bezeichnung der Materialien.	Verlängerungen an der Grenze der vollkommenen Elasticität.	Belastung in Zollpfund pro preuß. □Z., welche dieser Grenze entspricht. *)	Elasticitäts-Modulus in Zollpfund für den preußischen □Zoll. *)
Gutes Schmiedeeisen nach Hodgkinson	0,00076 = $^1/_{1315}$	20 520	27 000 000
Zähes gutes Eisen nach Bornet .	0,00069 = $^1/_{1450}$	19 150	29 200 000
Weicher ausgeglühter Draht nach Ardant	0,00147 = $^1/_{680}$	34 200	23 270 000
Harter, nicht ausgeglühter Draht nach demselben	0,00130 = $^1/_{769}$	34 200	26 310 000
Gewalztes und dann geschmiedetes Eisen nach Malberg	0,00103 = $^1/_{971}$	22 480	21 885 000
Gußeisen, ordinäres englisches nach Hodgkinson	0,000715 = $^1/_{1400}$	8 100	11 330 000
Desgleichen feinkörniges, Angabe von Morin	0,00083 = $^1/_{1210}$	14 000	17 000 000
Schmelzstahl, sehr guter Qualität, in Oel geglüht	0,00120 = $^1/_{833}$	34 200	28 500 000
Gußstahl, sehr feiner, gehärtet . .	0,00222 = $^1/_{450}$	90 300	40 700 000

§. 28.

Widerstand des Eisens gegen Zerreißen.

Wir gehen nunmehr über zu den Versuchen, welche unmittelbar auf die Bestimmung der absoluten Festigkeit des Eisens gerichtet worden sind, welche also die Belastungen ermittelt haben, durch welche Eisenstangen zerreißen.

Wir haben schon oben gesehen, daß weiches und zähes Schmiedeeisen sehr allmählig zum Bruch gelangt, indem es sich vorher beträchtlich ausreckt; daß dagegen hartes Eisen, Gußeisen und auch Stahl plötzlich zerreißen, nachdem sie vorher zwar eine Ausdehnung erfahren haben, welche aber viel unbedeutender ist, als bei den weichen Eisenarten.

Die schon vorhin erwähnten Versuche von Malberg geben interessante Details über diese Verlängerungen, welche dem Zerreißen vorausgehen. Es wurden Stäbe aus der oben beschriebenen Eisenqualität in der Mitte eingefeilt, um hier einen möglichst scharfen Querschnitt zu erlangen, und dann wurden sie zerrissen. Der eine Stab war in der Mitte auf eine Länge von 3 Zoll zu einer

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimenter zu erhalten.

Stärke von 1 Zoll im Quadrat eingefeilt; kurz vor dem Zerreißen, welches bei einer Belastung von 50 700 Zollpfund pro □Zoll erfolgte, hatte sich diese ausgefeilte Stelle auf 3 ½ Zoll ausgereckt, also um ⅙ der ursprünglichen Länge, während der ganze 8 Fuß lange Stab um 67 Linien, also um $\frac{1}{17,2}$ seiner ursprünglichen Länge ausgereckt war, dagegen war der Querschnitt der ausgefeilten Stelle von 144 Quadratlinien auf 100 Quadratlinien gesunken, betrug also nur $\frac{1}{1,44} = 0,6944$ des ursprünglichen Querschnitts. Ein anderer Stab hatte kurz vor dem Zerreißen seinen ursprünglichen Querschnitt von 81 Quadratlinien auf 49 vermindert, hatte also im Augenblick des Zerreißens nur $\frac{1}{1,65} = 0,605$ seines ursprünglichen Querschnitts, während die eingefeilte Stelle von 36,5 Linien auf 43 Linien, also um 6,5 oder $\frac{1}{5,61}$ ihrer ursprünglichen Länge, und der ganze Stab von 8 Fuß auf 8′ 2 ¼ Zoll, also um $\frac{1}{42,67}$ seiner ursprünglichen Länge sich ausgereckt hatte; dieser Stab zerriß bei einer Belastung von 52 200 Zollpfund pro □Zoll Querschnitt.

Als Mittel aus 14 einzelnen Versuchen ergab sich im Augenblick des Zerreißens eine Verlängerung um 0,025 054 oder etwa $^1/_{40}$ der ursprünglichen Länge, doch differirte dieser Werth von 0,007 766 bis 0,055 108 oder von $^1/_{128}$ bis $^1/_{18}$.

Die absolute Festigkeit wurde gefunden bei zwei andern Versuchen

gleich 48600 }
und gleich 43900 } Zollpfund

nimmt man die beiden oben beschriebenen Versuche hinzu mit 50700 }
und 52200 } Zollpfund

so ergiebt sich dieselbe . . . . 48900 Zollpfund

für einen preußischen Quadratzoll im Druchschnitt.

Die Malberg'schen Versuche waren namentlich darauf gerichtet, die Verminderung der absoluten Festigkeit in den Schweißstellen zu ermitteln. Es wurden folgende Resultate gefunden:

Der Schweißstellen Breite. Zoll.	Dicke. Zoll.	Querschnitt. □Zoll.	Absolute Festigkeit in Zollpfunden für einen preußischen □Zoll. *)
6 $^1/_9$	$^{11}/_{12}$	5,600	33 720
6 $^1/_9$	$^{11}/_{12}$	5,600	34 660
6 ⅙	⅞	5,400	33 920
6 $^1/_{12}$	$^{11}/_{12}$	5,576	30 100
6 ⅙	$^{11}/_{12}$	5,653	30 800
6 ⅙	$^{11}/_{12}$	5,653	32 600
im Mittel pro □Zoll			32 640

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Da nun die absolute Festigkeit des ungeschweißten Eisens 48900 Zollpfund beträgt, so ist diejenige der Schweißstelle um 16260 Zollpfund oder $\frac{16260}{48900} \cdot 100 =$ 33,2 Procent geringer.

Ueber die absolute Festigkeit des Gußeisens sind von Hodgkinson sehr sorgfältige Versuche angestellt worden. Dieselben sind in folgender Tabelle enthalten:

Gußeisensorten.		Flächeninhalt des Querschnittes.	Belastungen, bei welchen Zerreißen eintrat, pro □Zoll Durchschnitt.	
		□Zoll preuß.	Zollpfund *)	Zollpfund *)
Gußeisen von Carron in Schottland.	Nr. 2. mit heißer Luft erblasen	3,801 1,625 1,606	13350 12500 13100	13000
	Nr. 2. mit kalter Luft erblasen	1,610 1,536	16040 15950	15995
	Nr. 3. mit heißer Luft erblasen	1,604 1,567	16050 17950	17000
	Nr. 3. mit kalter Luft erblasen	1,530 1,572	13440 14110	13775
Gußeisen von Buffery.	Nr. 1. mit heißer Luft erblasen	3,62	12910	12910
	Nr. 1. mit kalter Luft erblasen	3,86	16840	16840
Gußeisen von Coed-Talon (Wales).	Nr. 2. mit heißer Luft erblasen	1,459 1,551	15650 16410	16030
	Nr. 2. mit kalter Luft erblasen	1,447 1,480	18850 17400	18125
Lowmoor (Yorkshire).	Nr. 3. mit kalter Luft erblasen	1,453	14000	14000
Gemischtes Gußeisen.	—	—	16000	16000
			Allgemeiner Durchschnitt	15400

Diese Resultate stimmen sehr gut überein mit ältern Untersuchungen von Minard und Desormes, welche einen Durchschnittswerth von 15500 Zollpfunden für einen preußischen Quadratzoll als Zerreißungsbelastung für Gußeisen fanden. Uebrigens läßt sich aus den obigen Versuchen von Hodgkinson folgern, daß der Einfluß der warmen und der kalten Gebläseluft im Hohofen, selbst bei Eisensorten, die aus ein und demselben Erz erzeugt sind, nicht immer derselbe ist. So scheint bei dem Roheisen Nro. 2 von Carron in Schottland die Widerstandsfähigkeit bedeutend größer zu sein, wenn es mit kalter Luft erblasen worden ist, während bei dem Roheisen Nro. 3 derselben Hütte das Verhältniß gerade umgekehrt ist. —

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Auch in Bezug auf die absolute Festigkeit des Stahls liegen ähnliche Versuchsreihen, wie wir sie für das Schmiedeeisen und für das Gußeisen mittheilen konnten, nicht vor, und wir müssen uns auf die Angabe von Resultaten beschränken.

Zusammenstellung der absoluten Festigkeit verschiedener Eisen- und Stahlsorten.

		Absolute Festigkeit in Zollpfund für 1 preußischen □Zoll.*)
Schmiedeeisen	in sehr großen Querschnitts-Dimensionen . .	34 200
"	gewalzt in Querschnitten von 5 bis 6 □Zoll (nach den Versuchen von Malberg) . . .	48 900
"	dasselbe sorgfältig geschweißt an der Schweißstelle	32 600
"	weich und zäh (in Querschnitten von 2 □Zoll nach Bornet)	50 000
"	gutes zähes, in Querschnitten von 1/2 □Zoll nach Hodgkinson	51 300
Gewalztes Blech von starker Dicke, in beiden Richtungen . . .		49 000
Bandeisen, sehr weiches		61 600
Eisendraht, geglüht, nach Ardant's Versuchen		61 600
Desgleichen nicht geglüht von hartem Eisen, nach demselben . .		68 400
Desgl. nicht geglüht	mittler von 1/2 bis 1 1/2 Linien Durchmesser . . .	82 100
	von Aigle, etwa 1/9 Linie im Durchmesser . . .	123 100
	von 1/4 bis 1/2 Linie im Durchmesser	109 200
	von mehr als 1 1/2 Linie Durchmesser	68 400
Desgleichen in Bündeln oder Tauen		41 000
Ketten von weichem Eisen	gewöhnliche mit länglich runden Gliedern . . .	32 800
	durch Stege verstärkt	43 800
Graues Roheisen	vertikal gegossen	18 500
	horizontal gegossen	17 100
	nach den obigen Versuchen von Hodgkinson im Mittel	15 400
Stahl	in kleinen Stäben, unter dem Hammer gestreckt, gegossen oder cementirt	136 800
	der schlechteste in großen Stäben, und schlecht gehärtet	49 200
	mittlere Qualität	102 600

Vergleicht man die Resultate dieser Tabelle mit den auf Seite 165 zusammengestellten Belastungen, welche die Grenze andeuten, bis zu welcher man die Eisenstäbe als näherungsweise **vollkommen elastisch**, oder den **Elasticitäts-Modulus** als **constant** ansehen kann, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

---

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Die Belastung, welche jener Grenze der **vollkommenen Elasticität** entspricht, beträgt von derjenigen, welche das **Zerreißen bewirkt**:

bei gutem Schmiedeeisen nach Versuchen von Hodgkinson . .	$\frac{20520}{51300} = \frac{1}{2{,}50}$
bei gutem zähem Eisen nach Versuchen von Bornet	$\frac{19150}{50000} = \frac{1}{2{,}61}$
bei weichem ausgeglühtem Draht nach den Versuchen v. Ardant	$\frac{34200}{61600} = \frac{1}{1{,}80}$
bei hartem, nicht ausgeglühtem Draht nach demselben . . .	$\frac{34200}{68400} = \frac{1}{2{,}00}$
bei gewalztem und dann geschmiedetem Eisen nach Versuchen von Malberg	$\frac{22480}{48900} = \frac{1}{2{,}18}$
bei desgl. geschweißt, an der Schweißstelle desgl.	$\frac{22480}{32600} = \frac{1}{1{,}45}$
bei Gußeisen, ordinärem englischen, nach den Vers. von Hodgkinson	$\frac{8100}{15400} = \frac{1}{1{,}90}$
bei desgl. gutem feinkörnigen, nach Morin	$\frac{14000}{18500} = \frac{1}{1{,}32}$
bei desgl. im mittlern Durchschnitt	$\frac{11000}{170000} = \frac{1}{1{,}55}$
bei Schmelzstahl, sehr guter Qualität, gehärtet	$\frac{90000}{136800} = \frac{1}{1{,}50}$

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß bei allen zähen und weichen Eisensorten die Zerreißungsbelastung ziemlich entfernt von der Grenze der vollkommenen Elasticität liegt, und im Allgemeinen mehr als das Doppelte dieser letzteren beträgt, daß dagegen bei allen harten nnd elastischen Eisensorten, namentlich bei Gußeisen, gehärtetem Stahl und geschweißtem Schmiedeeisen diese Zerreißungsbelastung noch nicht das Doppelte, meist sogar nur das $1\,{}^1/_3$ bis $1\,{}^1/_2$fache der Belastung an der Grenze der vollkommenen Elasticität beträgt.

Bei dauernden Belastungen, welche Maschinentheile auszuhalten haben, darf man daher höchstens bis zur Hälfte derjenigen Belastung gehen, welche der Grenze der vollkommenen Elasticität entspricht, und bei solchen Materialien, bei denen diese Grenze sehr nahe mit der Zerreißungsbelastung zusammenfällt, darf man doch niemals $^1/_6$ bis $^1/_5$ dieser letztern überschreiten.

Hiernach kann man für **dauernde Belastungen***) rechnen für jeden Quadratzoll preußisch Querschnitt:

für gutes **Schmiedeeisen** in Stäben von großen

Querschnitts-Dimensionen	5000	bis	6000	Zollpfund
für desgl. in kleinern Dimensionen	9000	„	10000	„

*) Die folgenden Zahlen sind mit 0,731 zu multiplicieren, um die Werthe in Koligrammes pro □Centimeter zu erhalten.

für gutes Schmiedeeisen mit geschweißten Stellen	6000	bis	7000	Zollpfund
für desgl. in Blechen	8000	„	9000	„
für desgl. in Drähten	10000	„	12000	„
für desgl. in Drahtbündeln oder Tauen	7000	„	8000	„
für graues Roheisen	2500	„	3000	„
für Stahl mittlerer Qualität	12000	„	18000	„

Zur Vervollständigung der oben mitgetheilten Resultate über die absolute Festigkeit lassen wir hier noch einige Versuche folgen, welche ganz neuerdings von Dahlmann mit verschiedenen Eisensorten des Königl. württembergischen Eisenhüttenwerks Friedrichsthal angestellt worden sind.*)

Zu diesen Versuchen bediente man sich einer Vorrichtung, welche auch zum Probiren der Festigkeit und Elasticität von einzelnen Tragfedern und Federnpacketen für Waggons und Locomotiven aus raffinirtem Gußstahl benutzt wurde.

Diese Vorrichtung besteht im Wesentlichen in einem starken eisernen — zehn Fuß langen — einarmigen Hebel, an dessen Ende die Gewichte angehängt werden, während derselbe in einer Entfernung von einem Fuß vom Aufhängungspunkt auf die zu probirenden Stahl- und Eisenstäbe wirkt, so daß die Belastung der Stäbe das Zehnfache von dem angehängten Gewicht ausmacht.

Diese Stäbe waren 7 Zoll lang von quadratischem, 4 Linien starkem Querschnitte.

In der Mitte wurden sie in der Art eingefeilt, daß hier ein quadratischer, genau 2 Linien starker Querschnitt blieb.

Es wurden folgende Sorten probirt.

1) Schwahleisen, aus Abfällen bei der Stahlraffinerie oder Schwählen erzeugtes Eisen, meistens von sehniger Textur; wird zu Zwecken verwendet, wozu sehr reines Eisen nothwendig ist.

2) Renneisen, aus Alteisen und Drehspähnen mit Zusatz von Schwählen erzeugt, von sehniger Textur, sehr weich; wird besonders zu Dampfkesselnieten verwendet.

3) Ordinäres Frischeisen, aus Roheisen, zu dessen Erzeugung zwei Drittheile Bohnerze und ein Drittheil Brauneisenstein angewendet werden, dargestellt, von körnig sehniger Textur; wird hauptsächlich zu Nageleisen verwendet.

4) Frischeisen besserer Qualität, aus Roheisen, wozu zwei Drittheile Brauneisenstein und ein Drittheil Bohnerze verwendet werden, erzeugt, von feinkörniger Textur; wird zu Drahtrundeisen und zur Fabrikation von Pfannen verwendet.

5) Roher Schmelzstahl, abgeschweißt und ausgestreckt; wird zum Anstählen gröberer Werkzeuge verwendet.

6) Cementstahl, abgeschweißt und ausgestreckt, aus Eisen Nro. 1 und 2 mit Anwendung von Hohofengasen erzeugt; wird zu groben Feilen und zum Anstählen von gröbern Werkzeugen verwendet.

---

*) Württembergisches Gewerbeblatt 1856. Nro. 47. Dingler's polytechnisches Journal CXLIII. S. 94. Polytechnisches Centralblatt 1857. II. Lieferung. S. 91.

7) Raffinirter Schmelzstahl, Qualität K°, abgeschient, abgeschweißt, überlegt und noch einmal abgeschweißt, also zweimal raffinirt, weiche Qualität; wird zu Federn verwendet.

8) Raffinirter Schmelzstahl, Qualität uu (Hirschhornstahl) ebenso oft raffinirt, etwas härter; wird zu Messern und weiche Gegenstände schneidenden Werkzeugen verwendet.

9) Raffinirter Schmelzstahl, Qualität F°, ebenso oft raffinirt, harte Qualität; zu Feilen.

Ferner 3 Sorten Gußstahl und zwar:

10) Weichste Sorte zu Federn mit der Bezeichnung F.

11) Etwas härtere Sorte zu Maschinentheilen mit der Bezeichnung K.

12) Die härteste Sorte für Prägestempel mit der Bezeichnung P.

13) F Stahl, in der Kirschrothhitze gehärtet und blau angelaufen.

14) K Stahl in der dunkelrothen Hitze gehärtet und blau angelaufen.

15) P Stahl schwarzrothglühend abgehärtet, grau angelaufen.

Von jeder Sorte wurden 6 Proben gemacht, von denen in unten folgender Tabelle das ungünstigste und das günstigste Resultat, sowie das arithmetische Mittel aus allen Ergebnissen bemerkt sind.

Die Tabelle giebt nämlich die Belastung, welche die Stäbe bis zum Zerreißen zu tragen vermögen, in württembergischen Pfunden für den oben angegebenen Querschnitt von 4 Quadratlinien, sowie für einen Querschnitt von 1 Quadratzoll württembergisch Maaß an, ferner in preußischen Pfunden für einen Querschnitt von 1 Quadratzoll preußisch und in Kilogrammes für einen Quadratcentimeter Querschnitt.

№	Material.	Belastung bis zum Zerreißen			
		auf einen Querschnitt von 4 Quadratlinien württ.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratzoll württ.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratzoll preußisch.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratcentimeter.
		Württ. Pfd.	Württ. Pfd.	Zollpfund.	Kilogramm.
1	Schwahleisen . . .	2910			
		3070			
		2890	74500	57900	4231
2	Renneisen	3160			
		3240			
		3200	80000	62300	4554
3	Frischeisen, ordinäres .	3160			
		3230			
		3200	80000	62300	4554
4	Frischeisen, bessere Qualität	3410			
		4500			
		3450	86250	67200	4909

№	Material.	Belastung bis zum Zerreißen: auf einen Querschnitt von 4 Quadratlinien württ.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratzoll württ.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratzoll preußisch.	auf einen Querschnitt von 1 Quadratcentimeter.
—		Württ. Pfd.	Württ. Pfd.	Zollpfund.	Kilogramm.
5	Roher Schmelzstahl .	4100			
		4500			
		4340	108 500	84500	6176
6	Cementstahl	6160			
		6410			
		6310	157 750	12300	8979
7	Raffinirter Schmelzstahl	4260			
	K^0	5260			
		4770	119 250	92900	6788
8	uu	4510			
		5910			
		5050	126 250	98300	7186
9	F^0	4660			
		6510			
		5340	133 500	10400	7599
10	Gußstahl F	4660			
		5660			
		5070	126 750	98700	7215
11	K	4660			
		5810			
		5101	127 500	99300	7259
12	P	6510			
		8060			
		7370	184 250	143 500	10488
13	F gehärtet	5660			
		8560			
		7260	181 500	141 300	10331
14	K gehärtet	8860			
		10660			
		9620	240 500	187 200	13689
15	P gehärtet	9160			
		11160			
		10040	251 000	195 400	14287

Zu bemerken ist noch die Veränderung des Querschnitts der Stäbe an der zerrissenen Stelle nach dem Bruch, deren Größe im Verhältniß zur abnehmenden Festigkeit des Materials stand. Sie war bei den weichen Stabeisensorten so

bedeutend, daß der zuerst 2 Linien starke Querschnitt nach dem Zerreißen nur noch 1 bis $1^1/_4$ Linie Stärke besaß. Auch war bei diesen weichen Sorten deutlich zu bemerken, wie das Zerreißen nur allmählig erfolgte und sich das Eisen um die schwächste Stelle herum in die Länge zog. Ganz unverändert blieb nur der Querschnitt der gehärteten Gußstahlstäbe, während bei den ungehärteten Gußstahlstäben schon eine kleine, bei den andern Stahlsorten eine mit deren abnehmender Festigkeit im Verhältniß stehende größere Abnahme der Querschnittsfläche zu beobachten war.

Die Versuche sind mit möglichster Genauigkeit vorgenommen worden, insbesondere hat keine besondere Auswahl der Probestäbe stattgefunden. Es kann also für die Resultate garantirt werden. —

§. 29.

Festigkeit der Bleche und der Vernietungen gegen Zerreißen.

Ueber die Widerstandsfähigkeit gewalzter Eisenbleche und deren Zusammensetzungen durch Niete sind in neuerer Zeit vielfache Versuche angestellt worden. Die bedeutendsten davon sind unstreitig die von William Fairbairn in England angestellten. Der Zweck dieser Versuche war ein doppelter.

1) Die Bestimmung der Widerstandsfähigkeit der Eisenbleche wenn dieselben nach der Richtung des Walzens, und wenn sie normal gegen diese Richtung in Anspruch genommen werden.

2) Die Ermittelung des Verhältnisses zwischen der Festigkeit der Bleche selbst zu derjenigen, welche in den durch Niete vereinigten Stößen stattfindet.

1) Widerstandsfähigkeit der Eisenbleche.

Die zu den Versuchen gewählten Bleche hatten eine Dicke von durchschnittlich 0,22 Zoll englisch, sie waren aus Packeten von drei oder mehreren Lagen, von denen die äußersten dünner als die inneren waren, gewalzt worden.

Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Bezeichnung der Bleche.	Mittlere Belastungen pro □Zoll preußisch, welche den Bruch bewirken in Zollpfunden. In der Richtung des Walzens. *)	Quer gegen die Richtung des Walzens. *)
Lowmoore-Yorkshire-Bleche	55 400	59 100
Desgleichen	48 900	56 000
Derbyshire-Bleche	46 600	49 100
Shropshire-Bleche	49 100	47 300
Staffordshire-Bleche	42 100	45 200
im Mittel	48 400	49 500

Man sieht aus diesen Versuchen, daß die größere Festigkeit bald in der Richtung des Walzens liegt, wie bei den Derbyshire- und Shropshire-Blechen, bald

*) Die folgenden Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

aber in den normal zur Richtung des Walzens liegenden Dimensionen, wie bei den Yorkshire- und Staffordshire-Blechen, daß endlich die Durchschnittszahlen nur sehr wenig differiren, obwohl sich eine größere Widerstandsfähigkeit in der letztgenannten Richtung ergiebt, während die Widerstandsfähigkeit in der Richtung des Walzens um $1/_{45}$ geringer ist. Als Durchschnittswerth aus beiden Zahlen ergiebt sich übrigens als absolute Festigkeit der Bleche 49000 Zollpfund für den □Zoll preußisch.

Aehnliche Versuche mit englischen Eisenblechen sind von Clark angestellt worden, nach demselben ergaben sich bei zwei Versuchen folgende Bruchbelastungen in Zollpfunden für den preußischen □Zoll.

	In der Richtung des Walzens.		Quer gegen die Fasern.
1. Versuch	42 400	—	36 500
2. Versuch	43 500	—	41 500
Mittel	43 000	—	39 000

Die zu den Versuchen gewählten Bleche hatten sehr bedeutende Dicke (etwa $1/_2$ Zoll preußisch). Sie zeigen eine etwas größere Abweichung der Widerstandsfähigkeit nach den beiden genannten Richtungen, als die Fairbairn'schen Versuche, und zwar kommt dieselbe hier zu Gunsten der Richtung des Walzens vor, da die Festigkeit in der Richtung normal dazu nur nahezu $1/_{11}$ geringer ist. Der Durchschnittswerth beider Festigkeiten ist 41000 Zollpfund für den preußischen □Zoll.

In der Werkstatt von Goin & Comp. in Paris wurden Versuche mit französischen Eisenblechen angestellt. (Eisenbleche von Imphy). Die Bleche wurden in Streifen zerschnitten und die Streifen in der Richtung ihrer Länge ausgereckt. Man schnitt die Streifen aus den Blechen sowohl in der Richtung parallel mit den Fasern, als auch in einer normal zu den Fasern gehenden Richtung.

Die Hauptresultate der Versuche waren folgende:

Absolute Festigkeit in Zollpfunden für 1 preußischen □Zoll. *)

		in der Richtung des Walzens.	Quer gegen die Fasern.
Bleche aus Holzkohlen-Roheisen mit Steinkohlen gepuddelt.	Maximum	51 040	46 180
	Minimum	42 180	42 020
	Mittel	45 320	44 320
Bleche aus Kokes-Roheisen mit Steinkohlen gepuddelt.	Maximum	59 380	41 060
	Minimum	44 190	38 000
	Mittel	50 030	39 700

Die Verlängerungen im Augenblicke des Bruches betrugen bei diesen Versuchen für jede Längeneinheit

*) Die folgenden Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

		Verlängerung in der Richtung des Walzens.	Verlängerung in der Richtung quer gegen die Fasern.
Bleche aus Holzkohlen-Roheisen mit Steinkohlen gepuddelt.	Maximum	0,0550	0,0250
	Minimum	0,0390	0,0180
	Mittel	0,0460	0,0214
Bleche aus Kokes-Roheisen mit Steinkohlen gepuddelt.	Maximum	0,0506	0,0130
	Minimum	0,0280	0,0076
	Mittel	0,0431	0,0112

Aus diesen Versuchen folgt, daß der Widerstand der Bleche aus Holzkohlen-Roheisen gleichförmiger ist für beide Richtungen der Belastung, da sie in der Richtung des Walzens eine mittle Festigkeit von 45000 Zollpfund, normal dazu eine mittle Festigkeit von 44000 Zollpfund besitzen, wogegen sich die Festigkeit der Bleche aus Kokes-Roheisen etwa wie 50000 zu 40000 verhält. Dagegen ist die Verlängerung im Augenblick des Bruches bei den Blechen aus Holzkohlen-Roheisen in der Richtung des Walzens etwa doppelt so groß, als normal zu dieser Richtung, und bei den Blechen aus Kokes-Roheisen sogar viermal so groß in der Richtung des Walzens als normal dazu. Man sieht ferner, daß die Festigkeit in der Richtung des Walzens bei den Blechen aus Kokes-Roheisen größer ist als bei den Blechen aus Holz-Kohlen-Roheisen, nämlich im Verhältniß von 50000 zu 45000, während in der Richtung quer gegen die Fasern das Verhältniß sich umgekehrt zu Gunsten der Bleche aus Holzkohlen-Roheisen stellt, nämlich 44000 zu 40000. Man muß daher bei den Blechen aus Kokes-Roheisen wesentlich darauf achten, daß die Kraft, welche auf dieselbe wirkt, stets in der Richtung des Walzens angreift.

Die englischen Ingenieure rechnen bei Bauconstructionen als zuläßige Belastung etwa 10300 Zollpfund auf den preußischen Quadratzoll, bei der Brücke über die Seine in Clichy auf der Eisenbahn Paris-St. Germain sind nur 8900 Zollpfund für einen preußischen □Zoll in Rechnung gebracht.

Bei Dampfkesseln und ähnlichen Constructionen rechnet man nur 4000 bis 6000 Zollpfund für einen preußischen Quadratzoll.

2) Festigkeit der Vernietungen.

Fairbairn hat über die Festigkeit der Vernietungen und über die beste Methode des Vernietens sehr interessante Versuche angestellt. Zunächst folgert er aus denselben, daß die Vernietung durch Maschinen mittelst starken Druckes gegen diejenige durch gewöhnliche Handarbeit mittelst kleiner Hämmer im Verhältniß von 5 zu 4 fester sei.

Es wurden zwei Bleche zusammengenietet, und zwar mit zwei Nieten ● ●, der Querschnitt des Bleches zwischen den Nietlöchern betrug 0,44 Quadratzoll englisch; die Vernietung wurde zerrissen bei einer Balastung von 18591 Pfunden englisch. Da nun die absolute Festigkeit der Yorkshire-Bleche, mit welchen diese Versuche angestellt wurden, für einen ebenso großen Querschnitt 25030 englische

Pfund beträgt, so ergiebt sich als Verhältniß zwischen der Festigkeit einer nicht vernieteten Blechtafel zu derjenigen der Vernietung der Werth $\frac{25030}{18591} = \frac{1}{0,742}$.

Bei einem andern Versuch waren die Bleche 0,22 Zoll dick und 3 Zoll breit, griffen $1\frac{1}{2}$ Zoll übereinander, sie waren mittelst 3 Nieten von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser in einer Reihe • • • vernietet; das Zerreißungsgewicht war 16603 englische Pfund. In diesem Falle jedoch schienen die Niete zu weich gewesen zu sein, denn zwei davon wurden quer durchgeschnitten, während die Bleche gesund blieben. Man verstärkte daher für den nächsten Versuch die Niete auf $\frac{1}{2}$ Zoll und stellte sie nach einem gleichseitigen Dreieck ••• .

Die Bleche blieben dieselben; die Vernietung riß quer durch die Bleche zwischen den zwei Nietlöchern bei einer mittlen Belastung von 23035 Pfund englisch.

Nehmen wir aus diesem Versuche in Bezug auf den Querschnitt der Niete gegen den der Bleche das Mittel, so ergeben zwei halbzöllige Niete einen Querschnitt von 2.0,196 = 0,39 Quadratzoll, welcher ziemlich ebenso groß ist, als der Querschnitt der vollen Blechtafel zwischen zwei Nietlöchern.

Die Versuche, welche bei Gelegenheit des Baues der Britannia- und Conway-Röhrenbrücke gemacht wurden, stimmen mit diesem Verhältniß überein, und haben gezeigt, *daß der Gesammtquerschnitt sämmtlicher Niete nahezu gleich sein müsse dem Gesammtquerschnitt der zwischen den Nietlöchern verbleibenden Theile der Blechtafeln.*

Bei sämmtlichen Versuchen, die mit einer *einfachen* Nietreihe gemacht wurden, zeigten sich, daß durch die eintretende Belastung die Enden der Bleche sich auf beiden Seiten in die Höhe bogen, wodurch ein schiefer Zug auf die Nietstelle entstand, und die Widerstandsfähigkeit der Niete wesentlich vermindert wurde. Dieser Uebelstand wurde durch die Stellung der Niete nach der Dreiecksform, und durch die dadurch bedingte Verbreitung des übergreifenden Randes vermieden.

Die folgenden Versuche wurden mit Blechen von 0,22 Zoll (englisch) Dicke und 3 Zoll Breite angestellt, deren übereinander greifende Ränder 2 Zoll breit waren und mittelst fünf $\frac{3}{8}$zölligen Nieten • • • • • zusammengehalten wurden. Die Zerstörung der Verbindung erfolgte bei 24043 Pfund (englisch); bei einem ganz ähnlichen Versuch, der sich von diesem einen darin unterschied, daß die Bleche nur $2\frac{7}{8}$ Zoll breit waren, trat das Zerreißen bei 21091 Pfund ein.

Hierauf wurden noch 2 Versuche mit übergenieteter *Lasche* angestellt. Zwei Bleche, die stumpf zusammenstießen, von 0,22 Zoll Dicke und $3\frac{1}{8}$ Zoll Breite, wurden auf eine Lasche von derselben Dicke genietet, welche über jedes Blech 2 Zoll übergriff. Jedes Blech war mit fünf $\frac{3}{8}$ Zoll starken Nieten an der Lasche befestigt, nämlich so . Das zerreißende Gewicht von 23707 Pfund.

Bei diesen *vier* zuletzt genannten Versuchen blieben stets die Niete gesund, und die Bleche rissen quer durch zwischen den Nietlöchern, ein Beweis, daß die *Festigkeit der Niete überwiegend* war gegen die Festigkeit der Bleche.

Die Anordnung der Niete in zwei Reihen gewährte in Rücksicht

auf die Festigkeit der Vernietung manche Vortheile, auch schienen die Bleche ihre Lage gegen einander sicherer zu behalten, als bei einer einfachen Nietreihe.

Diese Umstände geben zur Vergleichung der beiden Anordnungen Veranlassung. In dem einen der oben mitgetheilten Versuche zeigte sich, daß wenn man einen Nietbolzen (an der Spitze des gleichschenkligen Dreiecks) zu den beiden andern Bolzen hinzufügt, dies eine Vermehrung der Festigkeit von 26 Procent ergebe, indem nämlich bei der einfachen Vernietung das Zerreißungsgewicht 18590 Pfund, nach Hinzufügung des dritten Nietes aber 23035 gefunden wurde, welches zu Gunsten der letztgenannten Anordnung ein Verhältniß von 10:8 giebt.

Die hier genannten Versuche bildeten die Vorläufer einer größern Reihe von 47 Versuchen, die Fairbairn über diesen Gegenstand angestellt hat, und deren Resultate hier folgen:

Absolute Festigkeit der Bleche pro □Zoll preuß. in Zollpfunden.	Absolute Festigkeit einer einfachen Vernietung pro □Zoll preuß. in Zollpfunden. *)	Absolute Festigkeit einer doppelten Vernietung pro □Zoll preuß. in Zollpfunden. *)
55 500	44 000	50 300
59 200	35 200	47 000
56 100	41 500	55 900
49 000	41 800	52 500
49 200	38 700	51 800
47 400	43 000	51 800
42 100	35 700	—
45 200	—	—
Mittel 50 500	40 000	51 600

Hiernach beträgt die Festigkeit der doppelten Vernietung mehr, als diejenige des zwischen den Nietlöchern befindlichen Bleches, eine Thatsache, die dadurch vollkommen erklärlich ist, daß die warm eingesetzten Nieten sich zusammenziehen und nun einen Reibung erzeugenden Druck auf die Blechtafeln ausüben; das Zerreißungsgewicht hat nicht allein die Festigkeit der Bleche, sondern auch diese Reibung zu überwinden.

Daß dieser Umstand nicht auch bei der einfachen Vernietung eintritt, daß dort vielmehr die Festigkeit des zwischen den Nietlöchern stehenden Bleches nicht unbeträchtlich vermindert wird, hat wohl seinen Grund in der oben angeführten Thatsache, daß die Ränder der Bleche unter Einwirkung der Zugkraft sich krümmen, und daß daher die Belastungen neben dem Zerreißen auch ein theilweises Brechen bewirken.

---

*) Die folgenden Zahlen sind mit 0,731 zu multiplicieren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Nach den eben zusammengestellten Versuchen von Fairbairn verhalten sich die Festigkeiten:

des Bleches in der Nietstelle wie	505	gleich	1000 zu
zur einfachen Vernietung „	400	„	792
zur doppelten Vernietung „	516	„	1022

Fairbairn hat auch einige Versuche über die Widerstandsfähigkeit der Niete mit versenkten Köpfen angestellt und gefunden, daß das obige Verhältniß ziemlich dasselbe ist.

Es ist übrigens noch zu bemerken, daß das Verhältniß der Festigkeit der Nietstelle zu der Festigkeit desjenigen Theils der Blechtafel, welcher **nicht** genietet ist, sich dadurch noch wesentlich anders gestaltet, daß bei der Berechnung der obigen Werthe immer nur das Eisen in Betracht gezogen ist, welches zwischen den Nietlöchern stehen bleibt. Nun ist aber der volle Theil der Blechtafel noch um den Betrag des Axenschnittes der Nietlöcher im Querschnitt größer, als der Querschnitt des Bleches an der Nietstelle. Im Allgemeinen kann man rechnen, daß durchschnittlich 0,3 der ganzen Blechbreite behufs der Darstellung der Nietlöcher ausgestoßen wird, und daß daher nur 0,7 als Zwischenräume zwischen den Nietlöchern stehen bleiben, es verhält sich daher der Querschnitt der ganzen ungelochten Blechtafel zum Querschnitt in der Nietstelle wie 10:7.

Legt man dies Verhältniß zu Grunde, so ergeben sich folgende Verhältnißzahlen:

	Verhältnisse.	
Festigkeit der vollen ungelochten Tafel .	721	1000
Festigkeit der einfachen Vernietung . .	364	555
Festigkeit der doppelten Vernietung . .	470	715

Diese Verhältnißzahlen können mit hinreichender Genauigkeit für alle Vernietungen gelten, welche im Maschinenbau oder im Schiffbau für Dampf- oder wasserdichte Constructionen vorkommen, und zwar für Dampfspannungen von 10 bis 100 Pfund auf den Quadratzoll.

Als Resultate seiner Untersuchungen giebt Fairbairn noch passende Verhältnisse für die Niete, welche wir folgendermaßen zusammenstellen.

Tabelle über die besten Formen und Verhältnisse für Vernietungen.

Dicke der Bleche.	Sechszehntel Zolle.						
	3	4	5	6	8	10	12
Durchmesser der Niete	6	8	10	12	12	15	18
Länge des Schaftes der Niete . . .	13,5	18	22,5	27	36	45	54
Entfernung von Mitte zu Mitte . .	18	24	25	30	32	40	48
Breite des überdeckten Randes bei einfacher Vernietung	18	24	30	32	36	45	54
Breite des überdeckten Randes bei doppelter Vernietung	30	40	50	65	60	75	90

Es ist nämlich der Durchmesser der Niete	bis zu Blechen von $^3/_8$ Zoll das Doppelte, bei stärkeren Blechen als $^3/_8$ Zoll das $1\,^1/_2$fache	der Blechstärke,

die Länge des Schaftes durchweg das $4^1/_2$fache der Blechstärke,

die Entfernung von Mitte zu Mitte	bis zu Blechen von $^1/_4$ Zoll das 6fache " " " " $^3/_8$ " " 5fache bei stärkern Blechen das 4fache	der Blechstärke,
Breite des überdeckenden Randes bei einfacher Vernietung	bei Blechen von $^5/_{16}$ Zoll das 6fache " " " $^3/_8$ " "$5\,^1/_2$fache bei stärkern Blechen das "$4\,^1/_2$fache	der Blechstärke,
desgleichen bei doppelter Vernietung	durchweg $1^2/_3$mal des Blechrandes bei einfacher Vernietung.	

Schließlich mögen hier noch einige andere Verhältnisse für Niete Platz finden, welche nach Armengaud zusammengestellt sind:

Durchmesser der Niete	gleich	$1\,^1/_2$mal Blechstärke plus 2 Linien,
Entfernung der Niete	"	3 " " plus 8 "
	"	2 " Durchmesser plus 4 "
Durchmesser des Nietkopfes	"	1,8 Durchmesser des Nietes,
Höhe desselben	"	0,6 " " "
Durchmesser des Schließkopfes	"	2 " " "
Höhe desselben	"	0,8 " " "
Länge, um den Schließkopf zu bilden	"	1,14 " " "

§. 30

Rückwirkende Festigkeit des Eisens.

Indem wir auf die rückwirkende Festigkeit des Eisens übergehen, beziehen wir uns zunächst auf die in §. 7, S. 24 gegebene Darstellung des Unterschiedes zwischen Zerdrücken und Zerknicken.

Ueber die Elasticitäts-Verhältnisse und die Festigkeit für diese Weise der Beanspruchung des Eisens liegen wiederum die zahlreichsten Versuche von Hodgkinson vor. Dieselben wurden zunächst für Gußeisen mit Stangen (von 10 Fuß engl. Länge und einem Quadratzoll Querschnitt) angestellt, welche sich in einem eisernen Gerüst befanden, um die Ausbiegung zu verhindern; um die Seitenreibung zu vermeiden, wurden die Stangen geschmiert, auch wurde von Zeit zu Zeit mit einem Hammer daran geschlagen, um zu verhindern, daß sie sich in den Führungen festklemmten. Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Hodgkinson's Versuche über die rückwirkende Elasticität des Gußeisens.

Verhältniß, nach welchem die Belastung wächst.	Belastungen in Zollpfunden für einen preußischen Quadratzoll.	Zusammmendrückung für jede Längen-Einheit.		Elasticitäts-Modulus in Zollpfunden für jeden Quadratzoll preußisch. *)
		Total.	Permanent.	
1	2154	0,000 1695	0,00000 425	12 700 000
2	4308	0,000 3506	0,0000 2045	12 300 000
3	6462	0,000 5405	0,0000 3617	12 000 000
4	8616	0,000 7123	0,0000 5832	12 100 000
5	10770	0,000 8990	0,0000 7657	12 000 000
6	12924	0,00 10876	0,0000 9823	11 900 000
7	15078	0,00 12805	0,000 12703	11 800 000
8	17232	0,00 14753	0,000 15477	11 700 000
9	19386	0,00 16782	0,000 20212	11 600 000
10	21540	0,00 18731	0,000 23439	11 600 000
11	23694	0,00 20686	0,000 26686	11 500 000
12	25858	0,00 22803	0,000 31378	11 300 000
13	28012	0,00 24932	0,000 36099	11 200 000
14	30166	0,00 27444	0,000 43869	11 000 000
15	32320	0,00 29425	0,000 50754	10 900 000
16	34474	0,00 32546	0,000 66880	10 600 000
17	36628	0,00 35141	0,000 71915	10 400 000

Diese Versuche zeigen, daß der Elasticitäts-Modulus wie bei der Ausreckung allmählig mit der Belastung abnimmt, daß derselbe genau genommen nirgend als constant angenommen werden darf; indessen sieht man, daß derselbe bis zu einer Belastung von 23700 Pfund auf den Quadratzoll ziemlich langsam abnimmt, und etwa um 12 Millionen Pfunde herum sich hält, auch sind die permanenten Verkürzungen bis zu dieser Belastung noch äußerst gering und können für die Praxis vernachläßigt werden. Man kann daher diese Belastung als die sogenannte Grenze der vollkommenen Elasticität bezeichnen, und nimmt man wieder zwischen den äußersten Werthen des Elasticitäs-Modulus das Mittel, so ergiebt sich derselbe für die Zusammendrückung gleich 11 600 000 Zollpfund für einen preuß. Quadratzoll.

Vergleichen wir diesen Werth mit demjenigen, welcher für die Ausdehnung des Gußeisens gefunden wurde, so sieht man, daß diese beiden Werthe äußerst wenig differiren, und daß man daher ohne sonderlichen Fehler innerhalb gewisser Grenzen das Maaß der Elasticität für die Zusammendrückung und für die Ausdehnung gleich groß annehmen kann.

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

1) Sieht man nämlich 8000 Pfund als die Grenze der vollkommenen Elasticität für das Ausrecken an, so ist der Elasticitäts-Modulus bei dieser Belastung:

für das Ausrecken	=	11 330 000
für das Zusammendrücken	=	11 600 000
im Mittel	=	11 500 000

und man kann daher bis zu einer Belastung von 8000 Pfund pro □Zoll sowohl für das Ausrecken, als für das Zusammendrücken den Elasticitäts-Modulus des Gußeisens zu etwa $11\frac{1}{2}$ Millionen Zollpfund pro □Zoll preuß. annehmen.

2) Die Grenzen der vollkommenen Elasticität liegen jedoch für die Ausreckung und für die Zusammendrückung ziemlich entfernt von einander, denn während für die Ausreckung diese Grenze schon bei 8100 Pfund auf einen preuß. □Zoll erreicht ist, können wir dieselbe bei der Zusammendrückung auf 23700 Pfund hinausschieben, ein Werth, welcher sogar die absolute Festigkeit des Gußeisens weit übersteigt. Man sieht also, daß das Gußeisen, wenn es auf Zusammendrücken in Anspruch genommen wird, selbst unter Belastungen noch ziemlich vollkommen elastisch sich verhält, welche, wenn sie auf Ausrecken wirkten, längst eine Zerstörung bewirkt haben würden.

3) Die Untersuchung über die Belastung, durch welche Gußeisen zerdrückt wird, sind von Hodgkinson mit der größten Genauigkeit und in sehr umfassenden Verhältnissen angestellt worden, dieselben haben folgende Thatsachen ergeben:

a) Solche Stücke, welche geringe Dimensionen haben, besitzen im Allgemeinen eine verhältnißmäßig größere Widerstandsfähigkeit, als Gußstücke von bedeutenden Dimensionen, selbst wenn die Formen geometrisch ähnlich sind.

b) Je länger die Stücke im Verhältniß zu den kleinsten Dimensionen des Querschnittes sind, desto weniger Widerstandsfähigkeit haben sie.

c) Die Widerstandsfähigkeit ist ziemlich constant für Körper von gleichem Querschnitt so lange ihre Höhe innerhalb des Einfachen und des Fünffachen der kleinsten Querschnitts-Dimension liegt. Ist die Höhe geringer, so ist die Widerstandsfähigkeit größer, beträgt dagegen die Höhe mehr als das Fünffache der kleinsten Querschnitts-Dimension, so ist die Widerstandsfähigkeit geringer und vermindert sich mit der Zunahme der Höhe, bis das Zerdrücken in das Zerknicken übergeht.

d) Wenn die Höhe etwa gleich der kleinsten Dimension des Querschnittes, oder wenig größer ist, so sieht man vor dem Bruch gar keine oder nur eine geringe Ausbauchung; es bilden sich stets zwei Kegel, resp. Pyramiden, deren Basen die Endflächen des Körpers sind, und deren Spitzen gegen einander gekehrt sind; indem diese Spitzen an einander abgleiten, wird der Körper gleichsam wie durch Keile auseinander getrieben. Der Winkel dieser Kegel ist für dasselbe Material ziemlich constant, für verschiedene Materialien aber verschieden. Beim Gußeisen ist die Höhe etwas geringer, als das $1\frac{1}{2}$fache des Durchmessers.

e) Die Widerstandsfähigkeit ist für den kreisförmigen Querschnitt pro Flächen-

einheit etwas größer, als für den quadratischen oder überhaupt für eine durch eine geradlinige Figur begrenzte.

f) Der Unterschied in der Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken zwischen Gußeisen, welches mit kalter Luft erblasen ist, und solchem, welches mit heißer Luft erblasen ist, ist sehr gering, stellt sich indessen zu Gunsten des mit heißer Luft erblasenen Roheisens heraus. Wir lassen hier eine Zusammenstellung der Versuche von Hodgkinson folgen, welche die oben besprochenen Verhältnisse anschaulich macht. Die Höhen der Probestücke liegen zwischen dem 1- bis 2fachen ihrer kleinsten Dimension:

Zusammenstellung der Versuche von Hodgkinson über die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen das Zerdrücken.

Form und Dimensionen des Probestückes.	Gußeisen mit heißer Luft erblasen (Carron № 2). Anzahl der Versuche.	Beobachteter Werth der Zerdrückungsbelastung engl. Pfund.	Zerdrückungs-Belastung in Zollpfdn. für 1 preuß. □Zoll.*)	Gußeisen mit kalter Luft erblasen (Carron № 2). Anzahl der Versuche.	Beobachteter Werth der Zerdrückungsbelastung engl. Pfund.	Zerdrückungsbelastung in Zollpfdn. für 1 preuß. □Zoll.*)
Normale Cylinder.						
Durchmesser in englischen Zollen $^1/_4$ Zoll	3	6426	125 900	2	6088	119 300
$^1/_3$ "	4	14542	126 600	4	14190	123 500
$^1/_2$ "	5	22110	108 200	7	24290	119 000
$^5/_8$ "	1	35880	107 200	2	15369	93 000
Mittelwerth für die Cylinder. . . .	—	—	117 000	—	—	113 700
Normales Prisma.						
Quadrat. Basis $^1/_2$ Zoll Seite	3	25104	96500	2	24538	94 400
Rechteckige Basis 1 Zoll und 0,26 Zoll Seite . .	2	26276	97103	3	26237	103 800
Gleichseitiges Dreieck v. $^7/_8$ Zoll Seite	—	—	—	2	32398	96 000
Mittelwerth für das Prisma	—	—	96800			98 100

Mittel aus allen Versuchen:

für das mit heißer Luft erblasene Roheisen = 106 900

für das mit kalter Luft erblasene Roheisen = 105 900

für 1 preuß. □Zoll überhaupt = 106 400 Zollpfund.

Man sieht aus diesen Versuchen, daß die größte Widerstandsfähigkeit gegen das Zerdrücken bald auf Seiten des mit kalter Luft erblasenen Roheisens ist, wie bei dem Prisma, bald auf Seiten des mit heißer Luft erblasenen Roheisens sich befindet, wie bei den Versuchen mit dem Cylinder. Im Allgemeinen differiren die Mittelwerthe nur sehr wenig, und stellen sich zu Gunsten des mit heißer Luft erblasenen, welches eine um etwa $^1/_{107}$ größere Festigkeit zeigt.

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Eine andere Versuchsreihe, welche über die Widerstandsfähigkeit des englischen und des schottischen Roheisens angestellt worden ist, bestätigt im Allgemeinen die oben angeführte Thatsache. Diese Versuche geben folgende Resultate:

Bezeichnung des Gußeisens.	Form der Probestücke.	Belastung, welche das Zerdrücken bewirkte in Zollpfunden für 1 □ Zoll preuß. *)
Buffery (bei Birmingham) Nr. 1 mit heißer Luft	Cylinder	83100
„ „ „ kalter „	„	89800
Coed-Talon (Wales) Nr. 2. „ heißer „	„	79500
„ „ „ kalter „	„	78600
Carron (Schottland) Nr. 2 „ heißer „	Glieder und Prismen (s. oben)	106 900
„ „ „ „ kalter „	„	105 900
„ Nr. 3 „ heißer „	Prismen	128 300
„ „ „ „ kalter „	„	111 000
Low-Moor (Yorkshire) Nr. 3 „ kalter „	Cylinder und Prismen	111 400
Gemischtes Gußeisen, dasselbe, wie in den Versuchen S. 167	Cylinder von 0,508 Zoll Durchmesser auf 0,6 Zoll Höhe	99700 96200
	Prismen aus größern Gußstücken entnommen	117 000
Allgemeiner Durchschnitt		100 600

Vergleichen wir diese Resultate mit denjenigen, welche im §. 27, S. 167 über die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen Zerreißen mitgetheilt worden sind, so ergeben sich folgende Bezeichnungen:

Bezeichnung des Gußeisens.	Belastung, welche das Zerreißen bewirkt in Zollpfunden pro □ Zoll preußisch. *)	Belastung, welche das Zerdrücken bewirkt in Zollpfunden pro □ Zoll preußisch. *)	Verhältniß beider Widerstände.
Buffery Nr. 1 mit heißer Luft	12910	83100	1:6,437
„ „ „ kalter „	16840	89800	1:5,332
Coed-Talon Nr. 2 „ heißer „	16030	79500	1:4,953
„ „ „ kalter „	18125	78600	1:4,116
Carron Nr. 2 „ heißer „	13000	106 900	1:8,223
„ „ „ kalter „	15995	105 900	1:6,626
„ Nr. 3 „ heißer „	17000	128 300	1:7,547
„ „ „ kalter „	13775	111 000	1:8,058
Low-Moore Nr. 3 mit kalter Luft	14000	97900	1:6,993
Gemischtes Gußeisen	16000	117 000	1:7,312
Durchschnitt	15400	100 600	1:6,532

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □ Centimeter zu erhalten.

Hiernach ist also die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen Zerdrücken etwa 100600 Zollpfund auf 1 Quadratzoll preußisch, oder über 6½mal so groß, als die Widerstandsfähigkeit gegen Zerreißen. Aus einer größern Zahl von Versuchen fand Hodgkinson das Verhältniß noch etwas anders, indem sich dasselbe wie 1:5,64 ergab.

Eine andere Reihe sehr belehrender Versuche sind von Hodgkinson über die Widerstandsfähigkeit des Schmiedeeisens gegen Zerdrücken und über das Verhältniß der Widerstandsfähigkeiten des Guß- und des Schmiedeeisens angestellt und wie die übrigen vorhin genannten Versuche in den philosophical transactions mitgetheilt worden. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle, nachdem sie entsprechend umgerechnet worden, zusammengetragen.

Widerstandsfähigkeit des Schmiedeeisens gegen Zusammendrücken.

Erste Stange von 1 □Zoll preuß. Querschnitt.			Zweite Stange von 1 □Zoll engl. Querschnitt.		
Belastung in Zollpfunden auf 1 preuß. □Zoll.	Total-Compression für jede Längen-Einheit.	Elasticitäts-Modulus in Zollpfunden für 1 preuß. □Zoll. *)	Belastung in Zollpfunden auf 1 preuß. □Zoll.	Total-Compression für jede Längen-Einheit.	Elasticitäts-Modulus in Zollpfunden für 1 preuß. □Zoll. *)
4660	0,000 233	20 000 000	4730	0,0000 223	21 210 000
8810	0,000 433	20 320 000	8920	0,000 391	22 820 000
12900	0,000 606	21 280 000	13100	0,000 568	23 060 000
15000	0,000 709	21 150 000	17200	0,000 742	23 180 000
17000	0,000 800	21 250 000	19300	0,000 833	23 170 000
19000	0,000 903	21 150 000	21400	0,000 942	22 720 000
21000	0,000 991	21 200 000	23500	0,001 066	22 040 000
23000	0,001 082	21 260 000	25600	0,001 191	21 500 000
25100	0,001 184	21 110 000	27600	0,001 358	20 320 000
27100	0,001 285	21 090 000	29700	0,001 584	18 750 000
29200	0,001 450	20 140 000			
31300	0,001 784	17 540 000			

Die Versuche wurden mit quadratischen Stangen von 10 engl. Fußen Länge angestellt, welche fast sämmtlich ungefähr einen Zoll Seite hatten. Um das Biegen dieser, im Verhältniß zu ihrer Querdimension sehr langen Stangen zu verhüten, wurden die Stangen vertikal in einem gußeisernen Gestell aufgestellt, durch gußeiserne Rippen in kurzen Entfernungen gehalten, und geschmiert, wie dies bei den Versuchen mit den gußeisernen Stangen (S. 179) schon beschrieben wurde.

Betrachten wir nun die Resultate der Versuche, wie sie die obige Tabelle zeigt, so lassen sich daran folgende Bemerkungen knüpfen:

---

*) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

1) Der Elasticitäts-Modulus für das Zusammendrücken zeigt weder ein stetiges Abnehmen noch ein stetiges Zunehmen, er schwankt innerhalb gewisser Grenzen, aber nur unbedeutend, so daß man dies Schwanken auf Rechnung der Ungenauigkeit der Versuche schieben und den Elasticitäts-Modulus als constant ansehen kann.

Dies gilt jedoch nur bis zu einer gewissen Belastung; ist diese erreicht, so nimmt der Elasticitäts-Modulus plötzlich bedeutend ab, und es ist diese Belastung also als die Grenze der vollkommenen Elasticität anzusehen.

Diese Grenze wird erreicht:

bei der ersten Stange	mit	29200	Zollpfund
„ „ zweiten	„	27600	„
im Mittel pro □Zoll preußisch		28400	Zollpfund.

2) Schließen wir das letzte Resultat der Tabelle für jede Stange aus, betrachten wir also nur den Elasticitäts-Modulus innerhalb der Grenzen der vollkommenen Elasticität, so ist derselbe für einen Quadratzoll preußisch im Mittel

für die erste Stange		20 900 000	Zollpfund
„ „ zweite	„	22 220 000	„
im Mittel	„	21 560 000	Zollpfund.

3) Vergleichen wir das Verhalten des Schmiedeeisens gegen Kräfte, die auf Ausrecken wirken, mit dem Verhalten gegen Kräfte, die das Zusammendrücken bedingen, so ergeben sich folgende Resultate:

a) Die Elasticitäts-Grenze gegen das Ausrecken wird bei gutem Schmiedeeisen nach der Tabelle S. 165 bei 20520 Zollpfund erreicht, während sie bei dem Zusammendrücken erst bei 28400 Zollpfund erreicht wird, also in dem Verhältniß $\frac{28400}{20520} = 1{,}39$ höher liegt. Jedenfalls folgt hieraus, daß die Verkürzungen länger den Drucken proportionel bleiben als die Verlängerungen, und daß man sicher genug geht, wenn man die Elasticitätsgrenze auch für das Zusammendrücken so weit zurückverlegt, daß man sie mit derjenigen für das Ausrecken übereinstimmend annimmt.

b) Der Elasticitäts-Modulus des Schmiedeeisens gegen Zusammendrücken ist kleiner als der von Hodgkinson für Ausrecken gefundene, stimmt aber sehr gut mit den von Malberg für Ausdehnung des gewalzten und geschmiedeten Eisens überein. Legt man die von Hodgkinson gefundenen Resultate zum Grunde, so verhalten sich die Elasticitäts-Moduln:

$$\frac{\text{des Ausreckens}}{\text{des Zusammendrückens}} = \frac{2700}{2156} = \frac{1{,}25}{1{,}00} = \frac{1}{0{,}80} = {}^5/_4.$$

Es folgt hieraus, daß die Verkürzungen, welche bestimmte Belastungen erzeugen, größer sind, als die Verlängerungen, welche dieselben Belastungen hervorbringen.

Nimmt man aus beiden Werthen das Mittel, so ergiebt sich für den Elasticitäts-Modulus für Schmiedeeisen ein Durchschnittswerth von 24 280 000 Zollpfund für einen preußischen Quadratzoll.

4) Vergleicht man die Widerstandsfähigkeit des Schmiedeeisens gegen Zusammendrücken mit derjenigen des Gußeisens gegen dieselbe Inanspruchnahme, so ergiebt sich:

a) daß die Grenze der vollkommenen Elasticität

für Schmiedeeisen = 28400 Zollpfund

„ Gußeisen . = 23700 Zollpfund

beträgt. Es ist also für Zusammendrücken bei dem Schmiedeeisen die Grenze der vollkommenen Elasticität immer noch weiter hinaufgerückt, als bei dem Gußeisen, und zwar verhalten sich diese Grenzen:

$$\frac{\text{Gußeisen}}{\text{Schmiedeeisen}} = \frac{237}{284} = \frac{1}{1{,}20} = \frac{0{,}83}{1} = {}^5/_6;$$

b) daß die Elasticitäts-Moduln für Schmiedeeisen und Gußeisen für die Compression viel weniger differiren, als für die Ausreckung. Die Moduln für die Compression verhalten sich nach den Versuchen von Hodgkinson:

$$\frac{\text{Gußeisen}}{\text{Schmiedeeisen}} = \frac{1166}{2156} = \frac{1}{1{,}86} = \frac{0{,}538}{1} = {}^8/_{15}.$$

Es ist also der Elasticitäts-Modul des Schmiedeeisens fast doppelt so groß als der des Gußeisens, und folglich sind die Verkürzungen, welche bestimmte Belastungen hervorbringen, für Gußeisenstücke fast doppelt so groß, als für gleichgeformte Stücke von Schmiedeeisen.

5) Die Belastung, unter welcher Schmiedeeisen durch Zusammendrücken zerstört wird, beträgt nach Versuchen von Hodgkinson etwa 34200 Zollpfund für einen preußischen Quadratzoll. Dieser Werth steht unterhalb desjenigen, welcher die Zerstörung durch Zerreißen bewirkt.

Nach den früher mitgetheilten Resultaten beträgt dieser letztgenannte Werth 51300 Zollpfund, und wir haben daher folgende Verhältnisse:

$$\text{Schmiedeeisen:}\ \frac{\text{absolute Festigkeit}}{\text{rückwirkende Festigkeit}} = \frac{51300}{34200} = \frac{150}{100} = \frac{100}{66{,}7} = \frac{2}{3}$$

$$\text{Gußeisen:}\ \frac{\text{absolute Festigkeit}}{\text{rückwirkende Festigkeit}} = \frac{15400}{100600} = \frac{1}{6{,}53} = \frac{0{,}153}{1} = \frac{2}{13}$$

$$\text{Schmiedeeisen:}\ \frac{\text{Elasticitäts-Grenze des Ausreckens}}{\text{Elasticitäts-Grenze des Zusammendrückens}} = \frac{20500}{28400} = \frac{100}{139} = \frac{71{,}9}{100}$$

$$\text{Gußeisen:}\ \frac{\text{Elasticitäts-Grenze des Ausreckens}}{\text{Elasticitäts-Grenze des Zusammendrückens}} = \frac{18500}{23700} = \frac{100}{128} = \frac{78{,}1}{100} = \frac{37}{47}$$

Absolute Festigkeit: $\dfrac{\text{Schmiedeeisen}}{\text{Gußeisen}} = \dfrac{51300}{15400} = \dfrac{3}{1} = \dfrac{1}{0{,}333}$

Rückwirkende Festigkeit: $\dfrac{\text{Schmiedeeisen}}{\text{Gußeisen}} = \dfrac{34200}{100600} = \dfrac{100}{294} = \dfrac{34}{100} = \dfrac{17}{50} = \dfrac{1}{3}$

Elasticitäts-Grenze des Ausreckens $\dfrac{\text{Schmiedeeisen}}{\text{Gußeisen}} = \dfrac{20500}{18500} = \dfrac{100}{90{,}2} = \dfrac{111}{100} = \dfrac{10}{9}$

Elasticitäts-Grenze des Zusammendrückens $\dfrac{\text{Schmiedeeisen}}{\text{Gußeisen}} = \dfrac{28400}{23700} = \dfrac{100}{83{,}4} = \dfrac{120}{100} = \dfrac{6}{5}$

Hiernach ist die absolute Festigkeit des Schmiedeeisens etwa ein und ein halb mal so groß als seine rückwirkende Festigkeit, und dreimal so groß, als die absolute Festigkeit des Gußeisens; dagegen ist die rückwirkende Festigkeit des Schmiedeeisens etwa $^1/_3$ von der rückwirkenden Festigkeit des Gußeisens, während, wie schon früher bemerkt worden ist, die rückwirkende Festigkeit des Gußeisens etwa das $6\,^1/_2$fache seiner absoluten Festigkeit beträgt.

Ziehen wir aus dem bisher Mitgetheilten einen Schluß, so dürfte sich Folgendes ergeben:

1) Für alle Constructionen, die auf absolute Festigkeit in Anspruch genommen werden, ist das Schmiedeeisen dem Gußeisen in Betreff der Widerstandsfähigkeit und der Elasticitäts-Verhältnisse unbedingt vorzuziehen.
2) Für alle Constructionen, die auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen werden, verdient das Gußeisen den Vorzug vor dem Schmiedeeisen, in allen den Fällen, wo man Stücke von geringer Länge hat, bei denen es lediglich auf die Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken ankommt; dagegen steht das Gußeisen dem Schmiedeeisen nach, sobald die Form-Veränderungen, also die Elasticitäts-Verhältnisse in Betracht kommen, wie dies bei allen Stücken der Fall ist, die auf Zerknicken in Anspruch genommen werden, deren Länge also gegen die kleinste Querschnitts-Dimension beträchtlich ist.

In Betreff des Stahles fehlen auch für die rückwirkende Festigkeit so ausführliche und interessante Versuchsreihen, wie wir sie für Gußeisen und Schmiedeeisen zusammenstellen konnten. Man wird jedoch im Allgemeinen annehmen können, daß der Elasticitäts-Modulus des Stahls gegen Zusammendrücken mindestens gleich dem gegen Ausrecken ist, und daß die Belastung, welche einen Stahlkörper von geringer Länge zerdrückt, nicht kleiner ist, als die rückwirkende Festigkeit des Gußeisens; wahrscheinlich aber noch größer.

Festigkeit gegen Zerknicken.

Ueber die Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken hat Hodgkinson ebenfalls eine Reihe von Versuchen angestellt. Da dieselben sich aber auf die Ermittelung der Belastung beziehen, unter welcher ein Körper zerknickt, nicht aber auf die Belastung, welche eine Durchbiegung erzeugt, so sind dieselben von geringerem Interesse. Denn es ist schon im §. 7 bei der Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zerknicken angeführt worden, daß diejenige Belastung, welche

den Körper einmal durchgebogen hat, denselben bei jeder Durchbiegung im Gleichgewicht hält, und daß man daher die Constructionen, welche dem Zerknicken ausgesetzt sind, immer nur so belasten dürfe, daß diese Belastung weit genug von derjenigen entfernt ist, die den Körper, wenn er auch noch so wenig durchgebogen ist, in dieser Durchbiegung erhalten kann.

Nach den an einem andern Orte von dem Verfasser entwickelten Ansichten *), ist die Belastung, welche ein Körper, welcher auf Zerknicken in Anspruch genommen wird, mit gehöriger Sicherheit zu tragen vermag:

$$P = \frac{B.E}{L^2}$$

worin P diese Belastung, E den Modulus der Elasticität, beides in derselben Gewichts-Einheit auf dieselbe Flächen-Einheit bezogen, B das Biegungs-Moment und L die Länge des Körpers bezeichnet, indem man die Länge des Körpers und die Dimensionen des Querschnittes in derselben Längen-Einheit nimmt, welche auch die Flächen-Einheit des Querschnittes ergiebt, z. B. die sämmtlichen Dimensionen in Zollen, und die Flächen-Einheit in □Zollen.

Diese Formel setzt voraus, daß das dem wirkenden Druck entgegengesetzte Ende der Stange unwandelbar befestigt sei, also nicht ausweichen könne; ist dagegen die Stange frei aufgestützt, so ist die Tragfähigkeit derselben gerade viermal so groß; und wir finden dann:

$$P = 4 . \frac{B E}{L^2}$$

Rechnet man dagegen die Widerstandsfähigkeit der Stange gegen Zerdrücken, so ist, wenn man die zulässige Belastung, die etwa $^1/_2$ der Grenze der vollkommenen Elasticität betragen kann, für die Flächen-Einheit mit K und den Querschnitt mit F bezeichnet, die ganze Belastung, welche die Stange mit Sicherheit tragen kann: $P^1 = KF$.

Die Dimensionen des Querschnittes sind nun zu berechnen, sobald die Belastung, welche die Stange aushalten soll, gegeben ist; und zwar wird man dieselben aus derjenigen Formel bestimmen, welche die größten Dimensionen liefert.

Man hat auch die beiden Formeln zu combiniren gesucht, und die Körper, welche auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen werden, so berechnet, als ob sie gleichzeitig mit dem Widerstand gegen Zerdrücken auch eine Durchbiegung zu erleiden hätten.

Dies ist nun thatsächlich nicht gleichzeitig der Fall, es würde zunächst im Allgemeinen der Druck stets auf Zusammenquetschen wirken und das Bestreben auf Zerknicken tritt erst dann ein, wenn die Stange eine Biegung wirklich erlitten hat, ist aber einmal der Druck groß genug, um die Stange gebogen zu erhalten, so ist schon ohnehin die Festigkeit derselben gefährdet, und es genügt also vollkommen, die Dimensionen der Stange so zu bestimmen, daß der Druck weder die Stange zerdrücken, noch dieselbe bei einer zufällig eintretenden Biegung in der gebogenen Form erhalten kann. Eine Theorie der

*) Masch. Thl. I. S. 225.

rückwirkenden Festigkeit von jenem eben angedeuteten Gesichtspunkt aus, daß nämlich der Druck die Stange gleichzeitig auf zweierlei Weise in Anspruch nehme, findet sich vom Professor Schwarz in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1854, S. 518.

Die nach jener Theorie für die Tragfähigkeit abgeleitete Formel ist:

$$P = \frac{KF}{1 + \frac{\delta}{\pi^2} \cdot \frac{F.L^2}{B}}$$

worin P, K, F, B, L die frühere Bedeutung haben, δ aber die Verkürzungen für jede Längen-Einheit an der Grenze der vollkommenen Elasticität bezeichnet, so daß man für δ die in den obigen Tabellen angegebenen Werthe zu setzen hat. Diese Formel gilt übrigens für Stangen, die an beiden Enden frei aufstehen und geht in

$$P = \frac{KF}{1 + \frac{4\delta}{\pi^2} \cdot \frac{F.L^2}{B}}$$

über für Stangen, die an einem Ende unwandelbar befestigt sind.

Ferner ist noch zu bemerken, daß man als empirische Berechnung der Tragfähigkeit für Säulen auch folgende Regel hat.

Man rechne nach der Formel $P = K.F.$ indem man setzt für Säulen, deren

Länge gleich dem	1	12	24	36	48	60	72	fachen der kleinsten Querschnitts-Dimension
K =	1	5/6	1/2	1/3	1/6	1/12	1/24	der halben Belastung an der Elasticitäts-Grenze

z. B. für eine Säule von 12 Quadratzoll Querschnitt, 3 und 4 Zoll Seite und 12 Fuß Länge, wird für Gußeisen sein:

$$P = 12 . \frac{23700}{2} . 1/6 = 23700 \text{ Pfund.}$$

Schließlich wollen wir noch die Folgerungen erwähnen, die Hodgkinson aus seinen Versuchen zog:

1) Bei allen langen Säulen von gleichen Dimensionen ist die Widerstandsfähigkeit gegen den Bruch beinahe dreimal so groß, wenn die Enden eben und normal zu der Länge und zu der Richtung des ausgeübten Druckes sind, als wenn sie abgerundet sind.

2) Eine lange Säule von gleichmäßiger Stärke, deren Enden durch Scheiben, Kapitäle, Sockel und dergl. gut verstärkt sind, zeigt dieselbe Widerstandsfähigkeit gegen Bruch durch Zusammendrücken als eine Säule von demselben Querschnitt, deren Länge nur halb so groß ist, und deren Enden abgerundet sind, selbst wenn die Kraft in der Richtung der Achse wirksam ist.

Die Ausbauchung, oder die Vergrößerung des Durchmessers der Säulen in der Mitte ihrer Länge vermehrt die Widerstandsfähigkeit gegen den Bruch nur um 1/8 bis 1/7.

§. 31.

Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Biegung.

Wenn wir in den vorigen Paragraphen stets zuerst die Widerstandsfähigkeit gegen elastische Formveränderung und dann die Widerstandsfähigkeit gegen Bruch untersucht haben, so werden wir auch bei der relativen Festigkeit zuerst die Widerstandsfähigkeit gegen Biegung und demnächst diejenige gegen Bruch zu betrachten haben.

Die Durchbiegung eines prismatischen Balkens, der auf beiden Enden frei aufliegt, beträgt in der Mitte

$$\delta = \tfrac{1}{48} \, \frac{(P + \tfrac{5}{8}\, p\, L)}{B\, E} \, . \, L^3$$

und die Durchbiegung eines prismatischen Balkens, der an einem Ende eingeklemmt und an dem andern Ende befestigt ist, beträgt:

$$\delta = \tfrac{1}{3} \, \frac{(P + \tfrac{5}{8}\, p\, L)}{B\, E} \, . \, L^3$$

wenn P die Belastung des Balkens und zwar im ersten Falle in der Mitte, im letztern Falle am Ende angreifend gedacht,

p das Gewicht einer Längen-Einheit,

L die Länge des Balkens, folglich

p L das Eigengewicht des Balkens oder überhaupt das Gewicht einer über den Balken gleichmäßig vertheilten Last.

B das Biegungs-Moment.

E den Elasticitäts-Modulus bezeichnet.

Die Werthe der Biegungs-Momente findet man für die üblichen Querschnitte in dem von dem Verfasser bearbeiteten Werke: „die Lehre von den einfachen Maschinentheilen" Thl. 1. S. 204 zusammengestellt.

Die Ausdrücke für δ, wie wir sie oben angeführt haben, sind unter folgenden Voraussetzungen berechnet:

1) daß die Widerstände gegen Verlängerung und gegen Verkürzung der einzelnen Faser-Elemente gleich groß sind, daß folglich
2) der Elasticitäts-Modulus gegen Ausrecken und Zusammendrücken gleich groß sei;
3) daß die neutrale Axe durch den Schwerpunkt des Querschnittes gehe;
4) daß bei der Durchbiegung des Balkens keine andere Widerstände, als nur diejenigen stattfinden, welche die Faserschichten ausrecken und zusammendrücken.

Diese letzte Voraussetzung trifft nun nicht vollständig zu. Die einzelnen Faserschichten werden vielmehr bei der Durchbiegung des Balkens gekrümmt, und zwar so, daß diejenigen Faserschichten, welche von der neutralen Axe entfernter sind, mehr verlängert oder verkürzt werden als diejenigen, welche der neutralen Axe näher liegen, daß folglich ein Bestreben vorhanden ist, welches auf Verschieben der einzelnen Faserschichten gegen einander wirkt. Diesem

Bestreben leisten die Elemente des Körpers ebenfalls Widerstand und es folgt daraus, daß außer den Widerständen, die sich der Verlängerung und der Verkürzung der Faserschichten entgegensetzen, noch andere Widerstände bei der Biegung überwunden werden müssen, die von der Verschiebung der einzelnen Faserschichten herrühren.

Diese Thatsache wird durch folgenden Umstand bestätigt:

Wenn nämlich nur die Widerstände gegen Ausrecken und Zusammendrücken der Faserschichten wirksam wären, so müßten die obigen Formeln genau die Durchbiegungen liefern, welche der Balken erleidet, indem man für E die Elasticitäts-Moduln gegen Ausrecken oder Zusammendrücken der Fasern einsetzt; allein man findet durch Einsetzen dieser Elasticitäts-Moduln immer die Durchbiegung durch die Rechnung größer, als sie in der That durch den Versuch gefunden wird; ein Zeichen, daß noch jene andern Widerstände vorhanden sind, welche die Durchbiegung vermindern. Da man diese Widerstände nicht beachtete, so nahm man an, daß dieser geringere Werth der Durchbiegung dadurch bedingt werde, daß der Elasticitäts-Modulus bei der Biegung größer sei, als bei der bloßen Ausreckung und Zusammendrückung. Diesen Annahmen stellten sich aber neue Inconsequenzen entgegen, denn es zeigte sich, daß diese Differenz zwischen dem Elasticitäts-Modulus der Durchbiegung und demjenigen der Zusammendrückung nicht allein bei verschiedenen Materialien verschieden sei, sondern auch bei ein und demselben Material sich nach der Anordnung des Querschnitts ändere und zwar so, daß diese Differenz um so geringer sei, je kleiner der Querschnitt des Materials eines hohlen oder durchbrochenen Balkens im Verhältniß zu dem Querschnitt eines vollen Balkens ist, der dieselbe Höhe und Breite wie der hohle besitzt. So weicht z. B. der Elasticitäts-Modulus des Ausreckens oder Zusammendrückens viel weniger ab, bei einem röhrenförmigen Balken von dem äußern Durchmesser d, als bei einem vollen cylindrischen Balken von demselben Durchmesser d, und zwar nimmt diese Differenz immer mehr ab, je geringer die Wandstärke der Röhre ist, also mit andern Worten, je kleiner der Querschnitt des Materials der Röhre im Verhältniß zum Querschnitt des vollen Cylinders ist.

Nehmen wir diese Thatsachen als richtig an, so wird es einleuchten:

1) daß wir in den obigen Formeln den Werth E, welcher den Elasticitäts-Modulus für Ausrecken oder Zusammendrücken bezeichnet, noch um einen gewissen Werth vermehren müssen, um durch die Formel einen Werth für die Durchbiegung zu bekommen, welcher mit der Erfahrung übereinstimmt, d. h. wir werden setzen müssen anstatt E den Werth $E + Q$;
2) daß diese Vermehrung von E hervorgerufen wird durch die Widerstände, welche die Fasern der Verschiebung entgegensetzen, daß also im Allgemeinen der Werth abhängig sein muß von der Anzahl der Fasern, die sich verschieben, also von dem Querschnitt des Balkens;
3) daß wir im Allgemeinen den Werth ohne sonderlichen Fehler, und bis genauere Versuche ein anderes nachgewiesen haben können, proportional dem Querschnitt des Balkens annehmen dürfen;

4) daß also, wenn q den durch Versuche festzustellenden Werth, um welchen der Elasticitäts-Modulus vermehrt werden muß, für einen massiven Balken von der Höhe h und der Breite b vorstellt, der Werth Q für einen hohlen oder durchbrochenen Balken von derselben Höhe und derselben größten Breite, aber mit dem Material-Querschnitt a gefunden wird durch die Proportion:

$$q : Q = bh : a; \; Q = q \frac{a}{bh}$$

oder wenn wir mit $A = b{\cdot}h$ den Querschnitt eines massiven Balkens von derselben Höhe und Breite, welche der Balken von dem Querschnitt a hat, bezeichnen, so drückt sich aus

$$Q = q \frac{a}{A}.$$

Hiernach haben wir in den obigen Formeln für die **Durchbiegung** überall zu setzen anstatt E den Werth

$$E + q \frac{a}{A} = E\left(1 + \frac{q}{E} \cdot \frac{a}{A}\right).$$

Dies Verhältniß $\frac{q}{E}$, d. h. das Verhältniß zwischen dem Maaß des Widerstandes gegen Verschieben der Fasern zu dem Maaß des Widerstandes gegen Ausrecken und Zusammendrücken der Fasern, ist offenbar um so kleiner, je leichter sich die Fasern gegen einander verschieben, und um so größer, je mehr Widerstand die Fasern der Verschiebung bei der Biegung entgegensetzen, je steifer also der Körper ist.

Wir wollen daher dies Verhältniß „den Coefficienten der **Steifheit**" nennen, während der Werth q der **Modulus** oder das **Maaß der Steifheit** genannt werden mag.

Hiernach gehen, mit **Berücksichtigung der Steifheit**, die Formeln für die Durchbiegung der Balken über in folgende:

a) für den an beiden Enden frei aufliegenden Balken:

$$\delta = \frac{1}{3} \frac{(P + \frac{5}{8}\, p\, L)\, L^3}{B\, E\left(1 + \beta \frac{a}{A}\right)};$$

b) für den an einem Ende fest eingeklemmten Balken:

$$\delta = \frac{1}{3} \frac{(P + \frac{5}{8}\, p\, L)\, L^3}{B\, E\left(1 + \beta \frac{a}{A}\right)}$$

in welchen Formeln δ P p L B dieselben Bedeutungen haben, wie oben:

E den Elasticitäts-Modulus für Ausrecken oder Zusammendrücken;

β den Coefficienten der Steifigkeit;

a den Querschnitt des Balkens;

A den Querschnitt eines massiven Balkens von rechteckigem Querschnitt bezeichnet, dessen Höhe und Breite gleich der größten Höhe und größten Breite des betrachteten Balkens sind.

Die Formeln gelten übrigens nur so lange, als die Verlängerungen oder

Verkürzungen der äußersten Faserschichten innerhalb der Grenze der vollkommenen Elasticität liegen.

Um den Coefficienten der Steifheit zu bestimmen, können wir die Formel a) benutzen, es ergiebt sich:

$$E\left(1+\beta\frac{a}{A}\right) = {}^1/_{48}\,\frac{(P+{}^5/_8\,p\,L)\,L^3}{\delta\,B}$$

den Ausdruck rechts bezeichnen wir mit E^1; er ist der Werth, nach welchem man sonst den Elasticitäts-Modulus des Biegens berechnete; es folgt nun:

$$\beta = \left(\frac{E^1}{E} - 1\right)\frac{A}{a}$$

oder für den massiven rechteckigen Querschnitt

$$\beta = \frac{E^1 - E}{E}.$$

Nun haben directe Versuche mit Gußeisen für E^1 folgende Werthe ergeben*).

Steifheit und Durchbiegung des Gußeisens.

	Höhe in Zollen.	Breite in Zollen.	Länge zwischen den Stützpunkten in Zoll.	Werth von E**).
Gußeiserne Stangen von Blänavon	2,984	2,965	137,62	14 910 000
Desgleichen	2,984	2,965	78,70	17 330 000
Desgl. Blänavon Nr. 2 Mittel aus 5 Stangen, sehr biegsam . . .	1,50	3,00	158,52	12 750 000
Versuche von Morris Stirling mit gemischtem Eisen	1,46	2,92	157,85	15 680 000
Versuche von R. Stephenson Mittel aus 30 verschiedenen Gußeisen-Sorten	0,97	0,97	34,97	17 080 000
Allgemeiner Mittelwerth von E^1				15 550 000

folglich $\beta = \frac{15\,550\,000}{11\,500\,000} - 1 = 0{,}352$ wenn 11 500 000 nach S. 181 der mittlere Werth des Elasticitäts-Modulus des Gußeisens für einfache Ausreckung und Zusammendrückung ist. Hiernach ist also der Coefficient der Steifheit für Gußeisen im Mittel = 0,352 anzunehmen, und das Maaß der Steifheit $q = E^1 - E = 4\,050\,000$ Zollpfund für einen preuß. Quadratzoll.

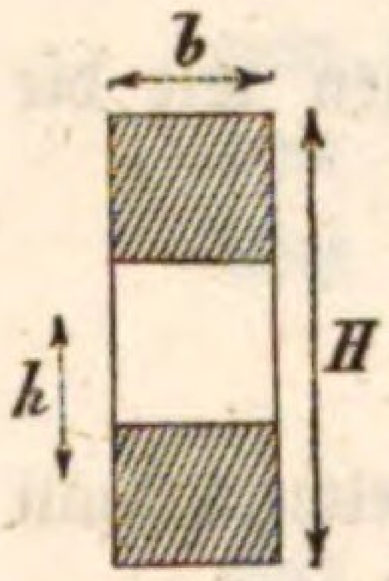
Um die Richtigkeit dieser Theorie zu prüfen, benutzen wir einige Versuche von Barlow, welche für einen andern Zweck angestellt worden sind, aber sich sehr gut für unsern Fall eignen.

---

*) Vergleiche Morin über die Widerstandsfähigkeit der Baumaterialien, deutsch in Förster's Bauzeitung.

**) Die Zahlen dieser Kolumne sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Barlow hat Versuche über die **Durchbiegung** gußeiserner Balken angestellt. Die Balken waren durchbrochen und hatten im Allgemeinen nebenstehendes Profil; damit die beiden Theile oben und unten sich nicht nähern konnten, waren in einzelnen Entfernungen Verbindungsrippen angebracht, die Balken waren zwischen den Trägern 5 englische Fuß freiliegend und wurden in der Mitte belastet; sie hatten sämmtlich verschiedene Verhältnisse in den Profilen, waren aber aus demselben Gußeisen dargestellt. Dieser letzte Umstand berechtigt zu der Annahme, daß der Elasticitäts-Modul für sämmtliche Balken durchweg derselbe gewesen sei. Vernachlässigt man das eigene Gewicht der Balken, so müssen sich die **Durchbiegungen der Balken** verhalten



$$\delta' : \delta'' : \delta''' \ldots . = \frac{P'}{B'\left(1+\beta\,\frac{a'}{A'}\right)} : \frac{P''}{B''\left(1+\beta\,\frac{a''}{A''}\right)} : \frac{P'''}{B'''\left(1+\beta\,\frac{a'''}{A'''}\right)}$$

wenn die eben von uns entwickelte Theorie richtig ist; dagegen müssen sich die Durchbiegungen verhalten:

$$\delta' : \delta'' : \delta''' = \frac{P'}{B'} : \frac{P''}{B''} : \frac{P'''}{B'''} : \ldots .$$

wenn man annimmt, daß der Werth E des Elasticitäts-Modulus der Biegung constant ist, und wenn man demnächst nach der bisher üblichen Theorie, d. h. nach den auf S. 190 angegebenen Formeln rechnet.

Nun ist für die angegebene Querschnittsform:

$$B = \tfrac{1}{12}\, b\,(H^3 - h^3);\; a = bH - bh;\; A = bH$$

folglich sind die Biegungen nach unserer Theorie proportional dem Werth

$$\frac{P'}{b\,(H^3 - h^3)\left(1 + 0{,}36\,\frac{H-h}{H}\right)}$$

dagegen nach der alten Theorie proportional dem Werth

$$\frac{P'}{b\,(H^3 - h^3)}.$$

Hiernach berechnen wir die Verhältnisse der Durchbiegungen nach der von uns entwickelten und nach der alten Theorie, und stellen die Resultate mit den durch directe Versuche Barlow's gefundenen Werthen zusammen.

Tabelle

zur Vergleichung der Verhältnisse zwischen den Durchbiegungen von gußeisernen Balken verschiedener Querschnittsverhältnisse nach der Theorie des Verfassers und nach der gewöhnlichen Theorie.

	Beobachtete Durchbiegung.	Verhältnißzahl für die Durchbiegung.		Verhältniß der Durchbiegungen.		
		Neuere Theorie.	Aeltere Theorie.	Nach der Beobachtung.	Nach der neuern Theorie.	Nach der ältern Theorie.
Balken Nr. 1 $b = 1$ Zoll; $H = 2{,}04$; $h = 0$; $P = 1160$ Pfund; $b(H^3 - h^3) = 8{,}490$; $\frac{H-h}{H} = 1{,}00$; $1 + 0{,}352\frac{H-h}{H} = 1{,}360$	0,397	98,4	136,6	1,00	1,00	1,00
Balken Nr. 2 $b = 1$ Zoll; $H = 2{,}51$; $h = 0{,}54$; $P = 1516$; $b(H^3 - h^3) = 15{,}656$; $\frac{H-h}{H} = 0{,}785$; $1 + 0{,}352\frac{H-h}{H} = 1{,}283$	0,302	74,0	96,8	0,761	0,752	0,709
Balken Nr. 3 $b = 1$ Zoll; $H = 3{,}01$; $h = 1{,}00$; $P = 1516$; $b(H^3 - h^3) - 26{,}271$; $\frac{H-h}{H} = 0{,}667$; $1 + 0{,}352\frac{H-h}{h} = 1{,}240$	0,185	45,6	57,7	0,466	0,463	0,422
Balken Nr. 4 $b = 1$ Zoll; $H = 4{,}00$; $h = 2{,}03$; $P = 1516$; $b(H^3 - h^3) = 55{,}635$; $\frac{H-h}{H} = 0{,}492$; $1 + 0{,}352\frac{H-h}{h} = 1{,}177$	0,097	22,7	27,2	0,244	0,231	0,199

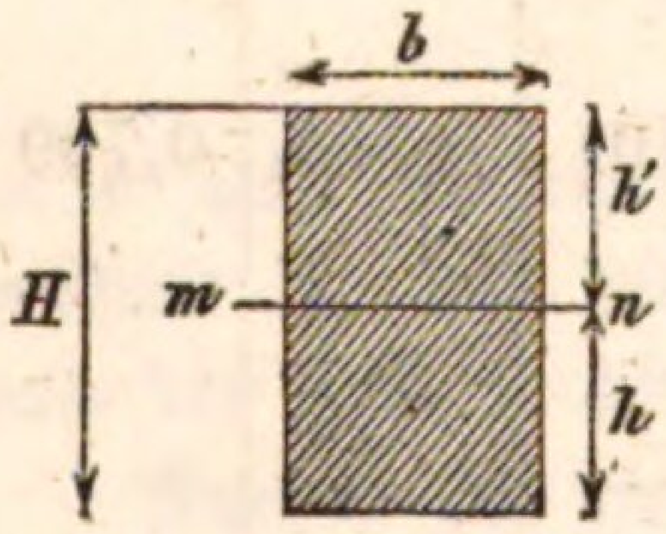
Jeder dieser Versuche wurde mit je vier Balken angestellt. Die in Kolumne 1 angegebenen Dimensionen sind die Mittelwerthe aus den Dimensionen der für jeden einzelnen Versuch gebrauchten Balken; denn obwohl die zu demselben Versuch gebrauchten Balken unter sich zwar gleiche Dimensionen haben sollten, so weichen sie doch um Hunderttheilen von Zollen von einander ab; die „beobach-

teten Durchbiegungen" in Kolumne 2 sind diejenigen, welche in jeder Versuchsreihe an den Balken beobachtet wurden, welche die geringste Durchbiegung bei derselben Belastung zeigten, indem nur diese Durchbiegungen ausgewählt wurden, konnte man voraussetzen, daß die Qualität des Eisens in den mit Nr. 1, 2, 3, 4 bezeichneten Balken ziemlich übereinstimmend sein würde, und daß die beobachtete Durchbiegung noch möglichst fern von der Elasticitäts-Grenze liegt.

Steifheit und Durchbiegung des Schmiedeeisens.

Die Bestimmung der Biegungs-Verhältnisse des Schmiedeeisens ist für die Theorie mit größern Schwierigkeiten verbunden, denn nach den auf S. 185 gewonnenen Resultaten sind die Widerstände gegen Ausrecken und Zusammendrücken beim Schmiedeeisen nicht wie bei Gußeisen einander gleich, sondern sie verhalten sich wie 5 zu 4, und es folgt daraus, daß die neutrale Axe des Querschnittes nicht durch den Schwerpunkt desselben gehe, sondern durch einen Punkt, welcher derjenigen Begrenzung des Querschnittes näher liegt, an welcher die Faserschichten auf Ausrecken in Anspruch genommen werden.

(5)



Denken wir z. B. einen rechteckigen Querschnitt: es sei m n die Lage der neutralen Axe; B' das Biegungs-Moment des (obern) auf Compression in Anspruch genommenen Theils, B das Biegungs-Moment des (untern) auf Ausrecken in Anspruch genommenen Theils, E' und E seien die Elasticitäts-Moduln, so haben wir, wenn wir den Widerstand der Steifheit vorläufig vernachlässigen, die Biegung eines auf beiden Enden aufliegenden Balkens.

$$\delta = {}^1/_{48} \frac{(P + {}^5/_8\, p\, L)\, L^3}{B\, E + B^1\, E^1}$$

wenn δ, P, p, L die im Anfange dieses Paragraphen genannten Bedeutungen haben.

Da nun die Momente der Widerstände auf beiden Seiten der neutralen Axe gleich sein müssen, so haben wir

$$B\, E = B^1\, E^1$$

und indem wir dies einsetzen, ergiebt sich für die Durchbiegung δ der Werth:

$$\delta = {}^1/_{48} \frac{(B + {}^5/_8\, p\, L)\, L^3}{E\, .\, 2\, B}$$

und mit Berücksichtigung der Steifheit

$$\delta = {}^1/_{48} \frac{(P + {}^5/_8\, p\, L)\, L^3}{E\left(1 + \beta\, \frac{a}{A}\right) \cdot 2\, B}$$

worin B das Biegungs-Moment des auf Ausrecken in Anspruch genommenen Theils in Bezug auf die neutrale Axe m n bedeutet. Zur Bestimmung der Lage dieser neutralen Axe dient die Gleichung:

$$B\, E = B^1\, E^1$$

und wenn wir nach S. 185 den Elasticitäts-Modul gegen Zusammendrücken E^1 gleich $\frac{4}{5}$ von dem gegen Ausrecken setzen, so folgt:

$$B E = B^1 . \tfrac{4}{5} E; \; B = \tfrac{4}{5} B^1; \; B^1 = \tfrac{5}{4} B.$$

Für den rechtkantigen Querschnitt ist:

$$B = \tfrac{1}{3} b h^3, \; B^1 = \tfrac{1}{3} b h^{13}$$

folglich haben wir

$$\tfrac{1}{3} b h^3 = \tfrac{4}{5} . \tfrac{1}{3} b h^{13}$$

$$h^1 = h \sqrt[3]{\tfrac{5}{4}} = 1{,}12\, h$$

und da offenbar $h + h^1 = H$ ist, so folgt:

$$h (1 + 1{,}12) = H; \; h = \frac{H}{2{,}12} = 0{,}472\, H$$

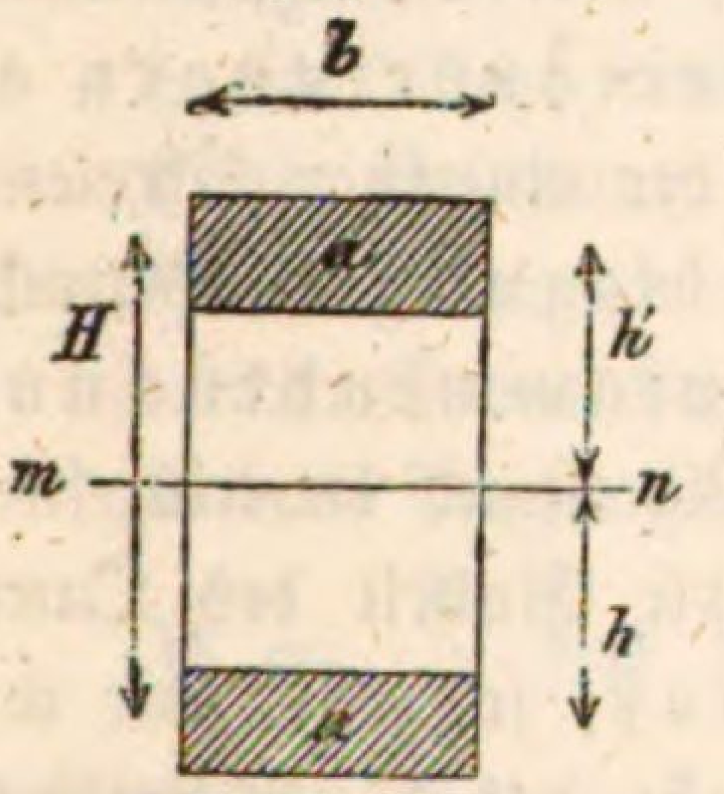
setzen wir diesen Werth in $B = \frac{1}{3} b h^3$ ein, so ergiebt sich

$$B = \frac{1}{3 \,.\, 9{,}528} b H^3$$

folglich ist für den rechteckigen Querschnitt

$$\delta = \tfrac{1}{48} \frac{(P + \tfrac{5}{8} p L) L^3}{\frac{1}{14{,}17} b H^3 (1 + \beta) . E}$$

(6)



Für den durchbrochenen Querschnitt ist in Bezug auf die neutrale Axe m n das Biegungs-Moment der einzelnen Theile, wenn H den Abstand der Schwerpunkte der beiden Theile bezeichnet:

$$\tfrac{1}{12} b a^3 + b a . h^2 = \tfrac{4}{5} (\tfrac{1}{12} b a^3 + b a h^{12}).$$

Daraus folgt:

$$h^1 = \sqrt{\tfrac{1}{48} a^2 + \tfrac{5}{4} h^2} = H - h$$

und daher

$$h = -4 H + \sqrt{20 H^2 - \tfrac{1}{12} a^2}$$

wenn a gegen H sehr klein ist, so kann man $\frac{1}{12} a^2$ vernachlässigen und dann findet man: $h = 0{,}472\, H$

also denselben Werth wie oben für den rechteckigen Querschnitt, folglich

$$2 B = 2 (\tfrac{1}{12} b a^3 + 0{,}2228\, a b H^2)$$

und daher

$$\delta = \tfrac{1}{8} \frac{(P + \tfrac{5}{8} p L) L^3}{b a (a^2 + 2{,}6736 H^2) \left(1 + \beta \frac{2a}{H + a}\right)}.$$

Was nun den Coefficienten der Steifheit für Schmiedeeisen anbelangt, so ist derselbe nur schätzungsweise anzugeben, da es leider an Versuchen fehlt, die geeignet wären, denselben zu berechnen. Die vorliegenden Versuche beziehen sich fast sämmtlich auf Balken von façonnirtem Eisen, nämlich auf solche, die entweder einen T förmigen oder einen kreuzförmigen Querschnitt haben, und für welche der Elasticitäts-Modulus der Ausdehnung nicht festgestellt ist. Duleau fand durch Biegungs-Versuche den Elasticitäts-Modulus der Biegung 29 Millionen preußische, oder 27 Millionen Zollpfund für einen preuß. Quadratzoll.

Da bei diesen Versuchen die neutrale Axe durch den Schwerpunkt angenommen wurde, also das Biegungs-Moment = $\frac{1}{12}$ b H^3 berechnet war, so war durch einen zu großen Werth dividirt worden, und der Elasticitäts-Modul der Biegung war also eigentlich $\frac{27\,000\,000 \,.\, 14{,}17}{12} = 32\,000\,000.$

Nimmt man nach Hodgkinson den Elasticitäts-Modulus des Ausreckens zu 27 Millionen Pfunden an, so ergiebt sich der Coefficient der Steifheit des Schmiedeeisens nach der Formel

$$\beta = \frac{E^1 - E}{E} = \frac{32\,000\,000 - 27\,000\,000}{32\,000\,000}$$

$$\beta = 0{,}185$$

also etwas mehr als halb so groß, als der des Gußeisens.

§. 32.

Widerstand des Eisens gegen Bruch.

Wenn ein eiserner Balken, der an beiden Enden frei aufliegt, belastet wird, so biegt er sich; so lange die Belastungen innerhalb der Elasticitätsgrenze bleiben, nimmt der Balken nach Aufhebung der Belastung wieder seine ursprüngliche Form an. Wenn man aber die Belastung fortsetzt, über die Elasticitätsgrenze hinaus, so nimmt der Balken bleibende Formveränderungen an und endlich erfolgt eine Zerstörung des Zusammenhanges der einzelnen Elemente des Balkens, d. h. der Balken bricht. Die bei der Durchbiegung in Betracht kommenden Widerstände sind die Ausreckung und die Zusammendrückung der Fasern und die Steifheit des Materials, d. h. der Widerstand der einzelnen Fasern gegen Verschieben. Sind die Widerstände für die Einheit des Querschnittes gegen Ausrecken und Zusammendrücken gleich groß, so geht, wie wir gesehen haben, die neutrale Axe durch den Schwerpunkt des Querschnittes; sind diese Widerstände für die Einheit des Querschnittes nicht gleich groß, so liegt die neutrale Axe so, daß die Momente dieser Widerstände für den Querschnitt über der neutralen Axe eben so groß sind, als für diejenigen unter der neutralen Axe.

So lange nun die Belastungen innerhalb der Elasticitätsgrenze bleiben, so lange sind die Widerstände gegen Ausrecken, sowie diejenigen gegen Zusammendrücken für sich betrachtet ziemlich constant und proportional den Belastungen; sie haben daher auch ein constantes Verhältniß zu einander, welches z. B. beim Gußeisen = 1, beim Schmiedeeisen = $\frac{5}{4}$ gefunden wurde. Hieraus folgt, daß die neutrale Axe innerhalb der Elasticitätsgrenze eine constante Lage behält. Allein, sowie die Elasticitätsgrenze überschritten wird, ändert sich im Allgemeinen das Verhältniß des Widerstandes gegen Ausrecken zu dem Widerstande gegen Zusammendrücken, und es muß folglich die neutrale Axe nun auch ihre Lage ändern.

Im Augenblicke des Bruches muß folglich die neutrale Axe sich ganz und gar aus der Lage verschoben haben, welche sie innerhalb der Elasticitätsgrenze einnahm.

Dieser Umstand macht die Berechnung der Durchbiegungs-Verhältnisse bei Belastungen, welche die Elasticitätsgrenze überschreiten, äußerst complicirt und unzuverlässig, und dasselbe gilt für die Berechnung der Belastung, welche den Bruch herbeiführt. Gleichwohl hat man auf diese Verschiebung der neutralen Axe im Augenblicke des Bruchs bei den gewöhnlichen Berechnungen der Bruchfestigkeit keine Rücksicht genommen, vielmehr hat man die Berechnung immer so aufgestellt, als behielte die neutrale Axe ihre ursprüngliche Lage. Für die gewöhnlichen Bedürfnisse der Praxis hat es indessen selten Interesse, die Bruchbelastung richtig durch Rechnung zu bestimmen, vielmehr berechnet man die Balken- und die Maschinentheile meist so, daß die größte Spannung in irgend einem Elemente immer noch weit genug entfernt ist von derjenigen, bei welcher der Bruch erfolgt; und wenn man diese größte Spannung für Metalle auf etwa $1/5$ bis $1/4$ derjenigen annimmt, welche das Zerreißen oder das Zerdrücken der am stärksten in Anspruch genommenen Faserschicht bewirken würde, so bleibt man meist noch innerhalb der Elasticitätsgrenze und kann dann die Lage der neutralen Axe noch als constant ansehen. Man muß sich indessen hüten, die hierauf gegründeten Rechnungen bis über die Elasticitätsgrenze hinaus als richtig zu betrachten.

Bezeichnet:

L die Länge eines an einem Ende festgeklemmten Balkens,

P die Belastung im Abstande L von der Befestigungsstelle,

G eine über die ganze Länge gleichmäßig vertheilte Last,

s die Spannung einer Faserschicht im Abstande 1 von der neutralen Axe,

B das Biegungs-Moment des Querschnitts,

$W = \frac{B}{y'}$ das Widerstands-Moment des Querschnittes, so hat man bekanntlich für den Zustand des Gleichgewichts:

$$(P + 1/2\,G)\,L = s\,.\,B.$$

Für einen an beiden Enden frei aufliegenden Balken, welcher in dem Abstand L^1 von dem einen Stützpunkt durch P belastet ist, während G gleichförmig über die ganze Länge vertheilt ist, hat man bekanntlich:

$$\frac{(P + 1/2\,G)\,L^1\,(L - L^1)}{L} = s\,.\,B$$

oder wenn $L^1 = 1/2\,L$ ist:

$$(P + 1/2\,G)\cdot\frac{L}{4} = s\,B.$$

Ist die Spannung in der äußersten Faserschicht s^1, so ist $s^1 = s\,.\,y^1$ folglich $s = \frac{s^1}{y^1}$ und es verwandeln sich daher die obigen Gleichungen in folgende:

$$(P + 1/2\,G)\,L = s^1\,\frac{B}{y^1} = s^1\,W$$

$$\frac{(P + 1/2\,G)\,L^1\,.\,(L - L^1)}{L} = s\,.\,\frac{B}{y^1} = s^1\,W$$

$$(P + 1/2\,G)\,\frac{L}{4} = s^1\,\frac{B}{y^1} = s^1\,W.$$

Diese Gleichungen gelten selbst bei Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze und bis zum Augenblick des Bruchs, sobald man nur die Lage der neutralen Axe richtig bestimmt und dieser Lage entsprechend die Werthe B, s, y^1 und W richtig berechnet. Gehen wir auf das im vorigen Paragraphen über die Widerstände der Steifheit Gesagte zurück, so enthält der Werth s^1 zwei Widerstände, nämlich einen, welcher dem Widerstande gegen Ausrecken, resp. gegen Zusammendrücken entspricht, und einen, welcher von der Steifheit des Materials herrührt; bezeichnen wir den erstgenannten mit f, den andern mit Q, so ist zu setzen:

$$s^1 = f + Q$$

und wenn wir wieder, wie im vorigen Paragraphen, den Widerstand der Steifheit setzen

$$Q = q \frac{a}{A}$$

und $q = \varphi \cdot f$, so ist überall in den obigen Gleichungen zu setzen:

$$s^1 = f + \varphi f \cdot \frac{a}{A} = f\left(1 + \varphi \cdot \frac{a}{A}\right).$$

Diese Annahmen $Q = q \frac{a}{A}$ und $q = \varphi f$ bedeuten übrigens nichts anders, als daß

1) der Widerstand der Steifheit proportional angenommen wird dem Verhältniß zwischen dem Querschnitt des Balkens a zu dem Querschnitt eines vollen Balkens, A dessen Breite gleich der größten Breite und dessen Höhe gleich der größten Höhe des betrachteten Balkens ist, und
2) daß der Widerstand der Steifheit eines vollen Balkens a stets als aliquoter Theil des Widerstandes angesehen wird, welchen die am meisten in Anspruch genommene Faser dem Ausrecken, resp. dem Zusammendrücken entgegensetzt.

Nach Versuchen von Barlow*) darf man näherungsweise diese Annahme machen und zwar findet Barlow

für Gußeisen: $\frac{f}{q} = 0{,}78$ bis $0{,}81$; im Durchschnitt also $= 0{,}80$, folglich ist für Gußeisen $q = \frac{1}{0{,}80} f$; und daher $\varphi = \frac{5}{4} = 1{,}25$.

Da es an Versuchen über den Werth von φ für Schmiedeeisen noch fehlt, so möge man vorläufig annehmen, daß sich dieser Werth für Schmiedeeisen zu demjenigen für Gußeisen etwa näherungsweise verhalten mag wie bei der Durchbiegung (s. §. 30) d. i. wie 1 : 2, folglich mag man setzen:

$$\text{für Schmiedeeisen } \varphi = \frac{5}{8} = 0{,}625.$$

Hiernach würde man für die Belastung der äußersten Faserschicht setzen dürfen:

---

*) Mitgetheilt in dem polytechnischen Centralblatt 1856 März. S. 334 und folgende aus The Civil-Engineer". Jan. 1856 S. 9.

$$\text{für Gußeisen } s^1 = f\left(1 + 1{,}25\,\frac{a}{A}\right)$$

$$\text{für Schmiedeeisen } s^1 = f\left(1 + 0{,}625\,\frac{a}{A}\right).$$

Für ein volles Rechteck ist $\frac{a}{A} = 1$, und folglich hat man für ein volles Rechteck die Belastung der äußersten Faserschicht zu nehmen:

für Gußeisen $s^1 = 2{,}25\,f$,

für Schmiedeeisen $s^1 = 1{,}625\,f$,

wobei unter f diejenige Belastung zu verstehen ist, welche die äußerste Faser des Querschnittes auf Ausrecken oder Zusammendrücken in Anspruch nimmt.

Man wird nun den zulässigen Werth von f so zu normiren haben, daß er ein gewisser Theil desjenigen ist, welcher die Faser zerstören würde und zwar etwa $^1/_5$ desjenigen Werthes, welcher der geringste ist, der eine Zerstörung herbeiführen kann. Gußeisen wird leichter zerrissen als zerdrückt, Schmiedeeisen verhält sich umgekehrt, man wird daher die Spannung bei Gußeisen von der absoluten Festigkeit, bei Schmiedeeisen von der rückwirkenden Festigkeit abhängig machen, und kann für f etwa $^1/_5$ der absoluten Festigkeit des Gußeisens und $^1/_5$ der rückwirkenden Festigkeit des Schmiedeeisens rechnen. Hiernach ist zu setzen in Zollpfunden auf den preußischen □Zoll:

$$\text{für Gußeisen } f = \frac{15400}{5} = 3080 \text{ rund } 3000\text{*)}$$

$$\text{für Schmiedeeisen } f = \frac{34200}{5} = 6850 \text{ rund } 7000\text{*)}.$$

Es ist also anzunehmen:

	für das volle Rechteck	Allgemein
für Gußeisen . .	$s^1 = 6750$*) Zollpfund	$s^1 = 3000\left(1 + 1{,}25\,\frac{a}{A}\right)$
für Schmiedeeisen	$s^1 = 11300$*) Zollpfund	$s^1 = 7000\left(1 + 0{,}625\,\frac{a}{A}\right)$.

Bestimmung des Bruchgewichtes.

Die Bestimmung der Belastung, unter welcher ein Balken zerbricht, ist nach der vorstehenden Darstellung durch Rechnung äußerst unsicher, da man schwer die Lage der neutralen Axe im Augenblick des Bruches ermitteln kann. Die zahl-

---

*) Die Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten. Es ist also für Gußeisen f = 220 Kilogrammes, für Schmiedeeisen f = 5100 Kilogrammes und für das volle Rechteck Allgemein

	für das volle Rechteck	Allgemein
für Gußeisen	$s^1 = 4950$ Klg.	$s^1 = 2200\left(1 + 1{,}25\,\frac{a}{A}\right)$
für Schmiedeeisen . . .	$s^1 = 8260$ Klg.	$s^1 = 5100\left(1 + 0{,}625\,\frac{a}{A}\right)$.

reichen Versuche, welche über diesen Gegenstand gemacht worden sind, gehen fast alle von der Voraussetzung aus, daß die Lage der neutralen Axe sich im Augenblick des Bruchs nicht verändere und sind daher nicht darauf gerichtet gewesen, die Aenderung dieser Lage zu ermitteln, welche offenbar von der Form des Querschnittes und von der Beschaffenheit des Materials abhängig ist.

Die umfassendsten Versuche über die Ermittelung des Bruchgewichtes balkenförmiger Körper von Gußeisen sind wieder von Eaton Hodgkinson angestellt worden. Diese Versuche wurden mit gußeisernen Stäben gemacht, welche an beiden Enden frei auf Stützen lagen und in der Mitte belastet wurden; die Entfernung zwischen den Stützen betrug 4 Fuß 6 Zoll englisch, und demnächst wurden noch Versuche angestellt, bei denen diese Entfernung nur halb so viel, also 2 Fuß 3 Zoll englisch betrug. Die Stäbe waren 1 Zoll englisch im Quadrat und die Belastungen in der Mitte zwischen den Stützpunkten angebracht. Das Bruchgewicht ergab sich bei 4½ Fuß Entfernung der Stützpunkte:

	Pfund englisch.
Mittel aus 21 Versuchen mit Eisen, welches mit heißer Luft erblasen war	445,5714
Mittel aus 22 Versuchen mit Eisen, welches mit kalter Luft erblasen war	456,9090.

Es ist also das Bruchgewicht des mit kalter Luft erblasenen Roheisens um etwa 2½ Procent größer als dasjenige des mit heißer Luft erblasenen Roheisens.

Die Durchbiegung in der Mitte kurz vor dem Bruch variirte zwischen 1,890 Zoll und 1,09 Zoll beim heiß erblasenen Roheisen und zwischen 2,224 Zoll und 1,001 Zoll beim kalt erblasenen Roheisen.

Ueber die Widerstandsfähigkeit schmiedeeiserner Stäbe gegen Bruch liegen ähnliche Versuche nicht vor. Wohl aber sind sehr umfangreiche Versuche mit Eisenbahnschienen auf Veranlassung des Königl. Preuß. Ministeriums für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten von Th. Weishaupt angestellt worden.*)

Die Mittelwerthe aus den Weishaupt'schen Versuchen, in Beziehung auf Biegung und Bruch, enthält die folgende Tabelle. Die Schienen sind in ihrer gewöhnlichen Lage bei drei Fuß Entfernung der Stützpunkte von einander, frei aufliegend und in der Mitte belastet untersucht worden. Die Gewichte sind preußisch:

$$1 \text{ Centner} = 110 \text{ Pfund} = 106{,}9 \text{ Zollpfund.}$$

$$1 \text{ Pfund preuß.} = \frac{1}{1{,}069} = 0{,}935 \text{ Zollpfund.}$$

*) Untersuchungen über die Tragfähigkeit verschiedener Eisenbahnschienen von Th. Weishaupt. Berlin 1852 und Masch. Thl. I. S. 282.

Tabelle
über den Widerstand verschiedener Eisenbahnschienen gegen Biegen und Brechen.

Laufende Nummer.	Benennung der Bahn.	Form der Schiene.	Dimensionen der Schiene. Höhe.	Breite des Kopfes. Zoll.	Breite des Fußes. Zoll.	des Steges. Zoll.	Gewicht pro laufenden Fuß. Pfd.	Tragfähigkeit der Schiene innerhalb der Grenze der vollkommenen Elasticität: mindestens. Ctr.	höchstens. Ctr.	im Mittel aller Versuche. Ctr.	Durchschnittsmaaß der Biegung pro Centner Zoll.	im Ganzen Zoll.	bis zum Bruch: mindestens. Ctr.	höchstens. Ctr.	im Mittel aller Versuche. Ctr.	Reihenfolge der Schienen in Bezug ihrer Tragfähigkeit bis zum Bruch. Nr.
1	Stargard-Posener	breitbasig	4,5	2,3	4	0,65	22,82	112	229	152	0,00037	0,056	526	553	538	4
2	Niederschl.-Märkische *)	desgl.	4,5	2,12	3,81	0,69	22	166	166	166	0,000373	0,062	607	607	607	1
3	Dieselbe	desgl.	4,5	2,13	3,68	0,63	22	157	175	166	0,000375	0,062	562	562	562	3
4	Ostbahn	desgl.	4,5	2,17	4	0,63	22	130	229	170	0,000384	0,065	535	616	577	2
5	Berlin-Potsdam-Magdbg.	Stuhl-	4,5	2,35	2	0,75	20	130	166	150	0,000416	0,062	463	526	495	7
6	Thüringische	breitbasig	4,25	2,31	3,65	0,68	22	130	166	148	0,000417	0,062	517	526	522	5
7	Berlin-Hamburger	desgl.	4	2,26	3,8	0,8	22,15	103	121	112	0,000454	0,051	508	517	512	6
8	Westfälische	Stuhl-	4,5	2,3	1,5	0,75	19,5	112	157	130	0,000465	0,060	355	391	373	9
9	Berlin-Anhaltische	desgl.	4,41	2,26	1,87	0,71	19,3	94	103	97	0,000482	0,047	363	363	363	10
10	Dieselbe	desgl.	3,91	2,43	1,81	0,58	18	112	121	117	0,000561	0,066	382	382	382	8
11	Westfälische	desgl.	4	2,35	1,65	0,75	18	103	121	110	0,000569	0,063	319	319	319	} 11
12	Niederschl.-Märkische	breitbasig	3,25	2,4	3,75	0,55	18,6	72	90	81	0,000667	0,054	310	328	319	} 11
13	Dieselbe	Brück-	2,33	1,95	4,45	20,6	15,4	44	58	51	0,00189	0,096	166	166	166	12
14	Magdeburg-Leipziger	desgl.	2,15	2,0	4,65	20,5	14	26	39	31	0,00213	0,066	121	157	139	13

*) Probeschiene.

§. 33.

Widerstand des Eisens gegen Torsion.

Die Theorie über die Widerstandsfähigkeit der Körper gegen Torsion ist noch viel unsicherer, als diejenige über den Widerstand gegen Bruch oder gegen Verschiebung. Denkt man einen stabförmigen Körper, z. B. eine Welle durch zwei entgegengesetzte Kräfte auf Verdrehen in Anspruch genommen, so erleidet sie zunächst eine Form-Veränderung und endlich erfolgt eine Zerstörung. Die Form-Veränderung besteht darin, daß die ursprünglich parallelen Faserschichten die Gestalt von Spiralen annehmen, daß sich mithin die einzelnen benachbarten Querschnitte der Welle gegeneinander verschieben. Bezeichnet man den Abstand der Angriffspunkte der beiden nach entgegengesetzten Richtungen auf Drehung wirkende Kräfte (in der Axe der Welle gemessen) mit L, und denkt man zwei Linien (Radien) in dem Abstande L, welche durch die Axe der Welle gehen und welche vor der Torsion parallel sind, so werden dieselben, nachdem die Verdrehung erfolgt ist, einen Winkel mit einander bilden. Dieser Winkel heißt der Torsionswinkel.

Die Größe φ des Torsionswinkels in Bogenmaaß bestimmt sich durch die Gleichung

$$\varphi = \frac{P\,R}{T} \cdot \frac{L}{E'} \ {}^{*)}$$

worin P R das Moment der auf Verdrehen der Welle wirkende Kraft.

T einen Werth (das Torsions-Moment), der von der Form des Querschnitts abhängig ist, und

E′ einen Werth bezeichnet, welcher durch den Widerstand bedingt ist, den das Material der Form-Veränderung durch Verdrehen entgegengesetzt und welchen wir den Torsionsmodulus oder Elasticitäts-Modulus der Torsion nennen wollen. Derselbe ist im Allgemeinen geringer, als der Elasticitäts-Modulus gegen Ausrecken oder Zusammendrücken. Derselbe Winkel in Gradmaaß α wird folglich erhalten, indem man $\varphi = \frac{\pi \cdot \alpha}{180}$ Grad setzt, durch die Gleichung

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{P\,R}{T} \cdot \frac{L}{E'}.$$

Das Torsions-Moment T wird bekanntlich gefunden, indem man in der Ebene des Querschnittes zwei Axen annimmt, die in dem Schwerpunkte des Querschnittes normal zu einander sind, wenn man das Biegungs-Moment (den Werth B des §. 31) des Querschnittes in Bezug auf jede dieser Axen bestimmt und demnächst diese beiden Biegungs-Momente addirt**).

Es beträgt hiernach das Torsions-Moment:

für den Kreis . . . . . $T = \frac{1}{32}\,\pi\, d^4$

„ das Quadrat . . . . $T = \frac{1}{6}\, h^4$

---

*) Masch. Thl. I. S. 244.

**) Masch. Thl. I. S. 235.

für das Rechteck . . . . . $T = \frac{1}{12}\, b h (h^2 + b^2)$
„ den Ring . . . . . . $T = \frac{1}{32}\, \pi (D^4 - d^4)$.

Den Werth E' oder den Torsions-Modulus hat für Schmiedeeisen Duleau durch Versuche zu bestimmen gesucht.

Bei diesen Versuchen wirkte constant auf Verdrehen die Belastung von 20 Zollpfunden an einem Hebelsarm von 0,32 Meter oder 12,235 Zoll oder ein Moment $PR = 244{,}70$.

Die Resultate dieser Versuche giebt die nachstehende Tabelle:

Versuche von Duleau über die Bestimmung des Torsions-Modulus für Schmiedeeisen.

Bezeichnung des Eisens.	Länge L in Zollen.	Querschnitts-Dimensionen in Zollen.	Verdrehungswinkel in Graden.	Verdrehungswinkel Länge des Bogens in Bogenmaaß.	Werth des Elasticitäts-Modulus der Torsion*). Zollpfund für 1 prß. □Zoll.
A. Rundeisen.		Durchmesser.			
Eisen von Périgord . .	107,06	0,543	13,4	0,2338	13 134 000
	121,20	0,753	6,0	0,1047	8 963 000
Englisches Eisen . . .	91,76	0,757	4,0	0,0698	9 975 000
Eisen von Ariège . . .	136,49	0,822	4,8	0,0838	8 892 000
	110,40	0,822	4,5	0,0785	7 683 000
Eisen von Périgord . .	121,96	0,845	3,32	0,0579	10 299 000
	110,40	0,879	3,00	0,0524	8 790 000
Englisches Eisen	123,88	0,898	2,34	0,0408	11 610 000
Eisen von Périgord . .	112,41	1,051	1,82	0,0318	7 253 000
	128,08	1,021	1,87	0,0326	9 016 000
	111,63	1,365	0,625	0,0109	7 354 000
Eisen von Ariège . . .	105,19	1,025	1,650	0,0288	8 313 000
		Mittel aus 12 Versuchen			9 275 000
B. Eisen von rechteckigem Querschnitt.					
Englisches Quadrateisen im kalten Zustande geschmeidig, im heißen Zustande rothbrüchig	157,52	0,764	6,5	0,11345	5 965 000
	96,35	0,764	4,0	0,06981	5 910 000
Quadrateisen von Périgord	96,35	0,778	3,08	0,05375	7 173 000
	129,61	1,246	0,62	0,01082	7 439 000
		Mittel aus 4 Versuchen			6 622 000

Die Resultate dieser Versuche liefern ziemlich abweichende Werthe, namentlich geht daraus hervor, daß der Torsions-Modul für den quadratischen Querschnitt

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

wesentlich **kleiner** ist, als für den kreisförmigen Querschnitt, und das sich beide verhalten:

$$\frac{\text{Torsionsmodul des quadratischen Querschnitts}}{\text{Torsionsmodul des kreisförmigen Querschnitts}} = \frac{6622}{9275} = 0{,}714 = \frac{100}{140}.$$

Man wird nicht mit Unrecht hieraus folgern können, daß außer dem Widerstand, welchen das Verschieben der einzelnen Querschnitte darbietet, auch bei der Torsion noch ein Widerstand ähnlich der **Steifheit** wirksam sein muß, welcher durch die Verschiebung der einzelnen Fasern unter sich hervorgerufen wird und welcher von der Form des Querschnittes abhängig sein mag.

Bis jetzt fehlt es an einem Anhalt, diesen Widerstand in die Rechnung einzuführen, indessen mag doch darauf aufmerksam gemacht werden, daß das Verhältniß $\frac{100}{140}$ zwischen dem Torsions-Modulus des **quadratischen** Querschnitts zu dem des **kreisförmigen** Querschnitts nicht sehr verschieden von dem Verhältniß zwischen dem Flächeninhalt des **Quadrates** zu dem Flächeninhalt des **umschriebenen Kreises** ist $\left(\frac{100}{157} = 0{,}637\right)$.

Ueber die Bestimmung des **Torsions-Modulus des Gußeisens** liegen Versuche vor, welche auf Veranlassung des Industrie-Vereins in **Mühlhausen** in dortigen Werkstätten angestellt worden sind.

Diese Versuche wurden mit **cylindrischen** Wellen von 57,351 Zoll (1,5 Meter) **Länge** und von 3,823 Zoll (0,1 Meter) Durchmesser angestellt. Die Wellen endeten zu beiden Seiten in Prismen von quadratischem Querschnitt, von denen das **eine** in ein Lager, welches auf einem gemauerten Fundament befestigt war, eingeklemmt wurde, das **andere** aber einen Hebel trug, an dem die Belastung angebracht war, durch welche man die **Torsion** herbeiführen wollte.

Dieser **Hebel** war 76,47 Zoll (2 Meter) lang und wog mit Einschluß einer daran hängenden Waageschaale 480 Zollpfund. Der Schwerpunkt dieser Last lag 30,59 Zoll (0,80 Meter) von der Axe, so daß dieselbe auf das Ende des Hebels reducirt einer Belastung von

$$\frac{480 \,.\, 30{,}59}{76{,}47} = 192 \text{ Zollpfund}$$

entspricht, welche man dem auf der Waagschaale befindlichen Gewichte hinzurechnen muß.

Die Resultate dieser Versuche giebt die folgende Tabelle.

Tabelle
über die Versuche zu Bestimmung des Torsionsmodulus für Gußeisen.

Bezeichnung des Eisens.	Belastung der Waage. Zollpfund.	Belastung auf das Ende des Hebels reducirt. Zollpfund.	Torsionswinkel in Graden.	Werth des Elasticitäts-Modulus der Torsion in Zollpfund für 1 prß. □ Zoll*)
Schottisches, graues grobkörniges Eisen, sehr geschmeidig und sehr weich.	200	392	0,50	9 341 000
	400	592	1,25	5 647 000
	600	792	2,00	4 718 000
	800	992	2,50	4 730 000
	1000	1192	3,50	4 063 000
	1200	1392	4,25	3 908 000
	1400	1592	5,00	3 788 000
	1600	1792	5,75	4 522 000
	1800	1992	6,50	3 646 000
	2000	2192	7,25	3 599 000
	2200	2392	8,50	3 348 000
	2300	2492	9,00	3 300 000
	2400	2592	9,50	3 252 000
	2500	2692	10,25	3 122 000
	2600	2792	11,00	3 026 000
	2700	2892	12,75	2 706 000
	2800	2992	13,25	2 693 000
	2900	3092	14,20	2 586 000
	3000	3192	15,00	2 538 000
	3200	3392	Bruch	— —
Französisches Eisen, grau Korn von veränderlicher Größe, gute Qualität.	800	992	2,50	4 719 000
	1400	1592	5,75	3 289 000
	2000	2192	8,50	3 074 000
	2200	2392	9,25	3 074 000
	2600	2792	11,00	3 027 000
	2800	2992	12,00	2 979 000
	3000	3192	13,00	2 931 000
	3200	3392	14,50	2 788 000
	3280	3472	15,00	2 764 000
	3360	3552	15,25	2 764 000
	3560	3752	16,25	2 740 000
	3760	3952	17,75	2 645 000
	3960	4152	18,75	2 645 000
	4160	4352	20,25	2 550 000
	4360	4552	Bruch	— —

*) Die Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um den Werth in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Betrachtet man den aus diesen Versuchen berechneten Torsionsmodul, so ergiebt sich, daß bei der ersten Versuchsreihe mit dem schottischen Eisen derselbe Anfangs schnell abnimmt und dann bei Belastungen von 1000 bis 2000 Zollpfund in der Waageschale um einen mittlern Werth schwankt. Dieser mittlere Werth des Torsions-Modul ist aus den sechs Versuchen, welche in diese Grenze fallen, berechnet: 3854000 Zollpfund.

Bei einer Belastung von mehr als 2000 Zollpfund in der Waageschale nimmt der Torsionsmodul zwar constant, aber langsam ab und ist kurz vor dem Bruche noch 2538000 Zollpfund. Das Gußeisen bricht also auch durch Torsion in ähnlicher Weise wie bei dem Zerreißen, d. h. plötzlich, indem es bis nahe vor dem Bruch noch ziemlich elastisch geblieben ist.

Ein sehr ähnliches Verhalten zeigte das französische Gußeisen. Der Torsions-Modul nimmt bis zum Bruch allmählig ab; Anfangs findet diese Abnahme langsam statt, denn zwischen Belastungen von 3560 und 3760 Zollpfund in der Waageschale ist die Abnahme beträchtlicher. Nehmen wir daher die Belastung von 3560 Zollpfund in der Schale als diejenige, bei welcher die Grenze der vollkommenen Elasticität erreicht worden ist, so ergiebt sich als Mittelwerth aus den ersten 11 Versuchen für französisches Gußeisen der Torsions-Modulus

3104000 Zollpfund.

Nehmen wir aus beiden Werthen das Mittel, so ergiebt sich ein Durchschnittswerth für den Torsions-Modulus des Gußeisens gleich

3500000 Zollpfund.

Vergleichen wir die Torsions-Moduln des Schmiedeeisens und des Gußeisens, so ergiebt sich:

$$\frac{\text{Torsions-Modul des Schmiedeeisens}}{\text{Torsions-Modul des Gußeisens}} = \frac{9275}{3500} = \frac{265}{100} = \frac{100}{37{,}74} = \frac{21}{8}.$$

Es ist also der Torsions-Modul des Schmiedeeisens etwa $2^5/_8$mal so groß als der des Gußeisens und folglich sind in demselben Verhältniß die Formveränderungen, namentlich der Verdrehungswinkel bei Körpern aus Schmiedeeisen kleiner, als bei Körpern aus Gußeisen, vorausgesetzt, daß die übrigen Verhältnisse bei beiden dieselben sind.

Vergleichen wir den Torsions-Modul mit dem mittlen Elasticitäts-Modul, so ergiebt sich:

$$\text{Schmiedeeisen} \left\{ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Elasticitäts-Modul}} = \frac{9275}{24280} = \frac{100}{261{,}8} = \frac{38{,}2}{100} = \frac{5}{13} \right.$$

$$\text{Gußeisen} \left\{ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Elasticitäts-Modul*)}} = \frac{3500}{11500} = \frac{100}{328{,}6} = \frac{30{,}44}{100} = \frac{7}{23} \right.$$

wenn wir die Vergleichung mit dem Elasticitäts-Modulus gegen Zusammendrücken anstellen, so finden wir:

$$\text{Schmiedeeisen} \left\{ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Zusammendrückungs-Modul}} = \frac{9275}{21560} = \frac{100}{232{,}5} = \frac{43}{100} = \frac{3}{7} \right.$$

$$\text{Gußeisen} \left\{ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Zusammendrückungs-Modul}} = \frac{3500}{11600} = \frac{100}{331{,}4} = \frac{30{,}17}{100} = \frac{3}{10} \right.$$

*) §. 30. S. 181.

und wenn wir schließlich die Vergleichung des Torsions-Modulus mit dem Elasticitäts-Modulus gegen Ausrecken anstellen, so ergiebt sich:

$$\text{Schmiedeeisen}\ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Ausreckungs-Modul}} = \frac{9275}{27000} = \frac{100}{291{,}1} = \frac{34{,}4}{100} = \frac{7}{20}$$

$$\text{Gußeisen}\ \frac{\text{Torsions-Modul}}{\text{Ausreckungs-Modul}} = \frac{3500}{11300} = \frac{100}{322{,}9} = \frac{31{,}0}{100} = \frac{6\frac{1}{2}}{20}.$$

Nach dieser letzten Vergleichung zu schließen, scheint der Torsions-Modul, sowohl für Schmiedeeisen, als für Gußeisen, ein bestimmter Theil des Elasticitäts-Modulus des Ausreckens zu sein und man wird richtig genug rechnen, wenn man den Torsionsmodul durchschnittlich gleich $\frac{1}{3}$ des Ausreckungs-Moduls annimmt.

Wir stellen hier zur Vergleichung die Torsions-Moduln einiger Eisenarten mit denen einiger andern Materialien zusammen:

		Torsions-Modulus in Zollpfunden für 1 preuß. □Zoll*).
Weiches Eisen	=	8 200 000
Stangen-Eisen . . .	=	9 300 000
Schmelzstahl	=	8 200 000
Gußstahl, feinster Qualität	=	12 700 000
Gußeisen	=	3 500 000
Kupfer	=	6 000 000
Bronze	=	1 500 000
Eiche	=	550 000
Tanne	=	600 000

Bestimmung der Torsionsfestigkeit.

Wenn man die Verdrehung immer weiter fortsetzt, so erfolgt endlich eine Zerstörung des Körpers und man sagt dann, der Körper erleide einen Bruch durch Torsion. Die von der neutralen Axe entfernteste Faser bricht hierbei zuerst und hat offenbar die größte Spannung auszuhalten. Die Gleichgewichts-Bedingung für die Torsion ist:

$$P\,R = s\,T = s^1\,\frac{T}{y^1} = s^1\,T^1 \text{**)}$$

worin P R das auf Verdrehung wirkende statische Moment.

s die Spannung der Faser im Abstande gleich Eins von der neutralen Axe,

s^1 die Spannung der von der neutralen Axe entferntesten Faserschicht,

y^1 den Abstand dieser Faserschicht von der neutralen Axe,

T das Torsions-Moment,

$T^1 = \frac{T}{y^1}$ = das Widerstands-Moment der Torsion bezeichnet.

---

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

**) Masch. Thl. I. S. 235.

Die Werthe des Torsions-Momentes sind schon oben (S. 204 u. 205) angegeben; die Widerstands-Momente gegen Torsion sind folgende*):

für den Kreis . . . . $T^1 = \frac{1}{16}\,\pi\, d^3$

„ das Quadrat . . . . . . $T^1 = \frac{h^3}{3\sqrt{2}}$

„ das Rechteck . . . . . . $T^1 = \frac{1}{6}\, b h \sqrt{(h^2 + b^2)}$

„ den Ring . . . . $T^1 = \frac{1}{16}\,\pi\,\frac{D^4 - d^4}{D}$.

Aus der obigen Gleichung ergiebt sich $s^1 = \frac{P\,R}{T^1}$

oder für den kreisförmigen Querschnitt $s^1 = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{P\,R}{d^3} = 5{,}09\,\frac{P\,R}{d^3}$.

Die Spannung s^1, welche die äußerste Faserschicht pro Flächen-Einheit in dem Augenblick erleidet, in welchem die Zerstörung erfolgt, nennt man die Torsionsfestigkeit des Materials.

Zur Bestimmung der Torsionsfestigkeit des Gußeisens benutzen wir die oben erwähnten Versuche der Mühlhausenschen Gesellschaft. Wir verweisen in Betreff der nähern Umstände und der Verhältnisse, unter welchen diese Versuche mit cylindrischen Axen von 3,823 Zoll = 1 Decimeter Durchmesser angestellt worden sind, auf das oben S. 206 Gesagte und wiederholen nur, daß der Hebelsarm, an welchem die Belastung wirkte, constant 2 Metres oder 76,47 Zoll lang war. Bezeichnet nun P die Belastung, bei welcher der Bruch eintritt, so findet sich nach der letztgenannten Formel die Torsionsfestigkeit

$$s^1 = \frac{5{,}093 \,.\, 76{,}47}{(3{,}823)^3}\, P = 6{,}97\, P \text{ oder rund} = 7\, P.$$

Tabelle

über die Versuche der Mühlhausenschen Industrie-Gesellschaft zur Bestimmung der Torsionsfestigkeit des Gußeisens.

Bezeichnung des Eisens.	Belastung der Waage-schale. Zollpfund.	Belastung auf das Ende des Hebels reducirt. Zollpfund.	Torsionsfestigkeit in Zollpfunden für einen preuß. □Zoll.**)
Schottisches, graues grobkörniges Eisen, sehr geschmeidig und weich	3200	3392	23744
Französisches Eisen, graues Korn von veränderlicher Größe, gute Qualität . . .	4360	4552	31864
Desgl. von Rive de Gier, feinkörnig und dicht,	3900	4092	28644
beinahe weiß, etwas roth gesprenkelt, brüchig	4500	4682	32844
Diverse gemischte Eisensorten, theils englisches, theils französisches Eisen, Mittel aus 7 Versuchen	4160	4352	30464
		im Mittel rund	29300

*) Masch. Thl. I. S. 236.

**) Die Zahlen werden mit 0,731 multiplicirt, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Andere Versuche über diesen Gegenstand wurden mit viel schwächeren Stücken von Carillion in Paris angestellt. Carrillion untersuchte verschiedene französische Gußeisensorten, die theils aus Pariser Eisengießereien, theils unmittelbar aus den Hütten entnommen waren. Alle Versuche wurden mit cylindrischen Stücken angestellt, welche an beiden Enden Köpfe von quadratischem Querschnitt hatten. Der eine dieser Köpfe wurde in einem Schraubstock festgeklemmt, den andern nahm ein Hebel in Form eines Windeeisens auf, welcher die Belastung trug. Der cylindrische Theil dieser Stücke war mit großer Sorgfalt auf einen bestimmten Durchmesser abgedreht, welcher für alle Stücke genau 2 Centimeter oder 0,7647 Zoll betrug; der Hebelsarm hatte eine constante Länge von 5 Decimeter oder 19,12 Zoll. Hiernach ergiebt sich die Torsionsfestigkeit nach der obigen Formel berechnet:

$$s^1 = \frac{5,093 \,.\, 19,12}{(0,7647)^3} \,.\, P = 217,7\ P.$$

Die Belastung am Hebel P variirte zwischen 131,25 und 171,2 Zollpfund, welches die äußersten Grenzen waren, betrug aber im Mittel aus 26 Versuchen mit Gußeisen von 7 verschiedenen Ursprungsorten 161,50 Zollpfund, welches einer Torsionsfestigkeit von 35100 Zollpfund entspricht.

Beachtet man, daß diese Versuche mit sehr dünnen Stücken, die Mühlhauser Versuche aber mit ziemlich starken Stücken angestellt worden sind, so kann diese Differenz nicht erheblich erscheinen.

Nehmen wir den Mittelwerth aus beiden, so ergiebt sich die mittle Torsionsfestigkeit des Gußeisens gleich:

32200 Zollpfund

für einen preußischen Quadratzoll.

Für das Schmiedeeisen fehlt es an Versuchen über die Bestimmung der Torsionsfestigkeit.

Elasticitäts-Grenze der Torsion.

Bei Berechnung von Wellenstärken kommt es nun aber weniger auf die Bestimmung der Torsionsfestigkeit an, als vielmehr auf die Ermittelung derjenigen Spannung der äußersten Faserschicht, welche der Grenze der vollkommenen Elasticität entspricht.

Diese Elasticitäts-Grenze wurde nach den Versuchen der Mühlhauser Gesellschaft (s. oben) für schottisches Gußeisen bei einer Belastung des Hebelendes mit 2192 Zollpfund und für französisches Eisen bei einer Belastung des Hebelendes mit 3752 Zollpfunden erreicht. Dieselbe berechnet sich demnach aus der oben entwickelten Formel $s^1 = 7$ P.

Elasticitäts-Grenze der Torsion { für schottisches Gußeisen = 15344 Zollpfund,
für französisches " = 26264 "
im Mittel = 20800 Zollpfund.

Man sieht, daß auch hier die Elasticitätsgrenze sehr nahe der Torsionsfestigkeit liegt und es ergiebt sich der Vergleich:

$$\frac{\text{Elasticitäts-Grenze der Torsion}}{\text{Festigkeit der Torsion}} = \frac{20800}{32200} = \frac{100}{155} = \frac{64{,}5}{100} = \frac{20}{31} = \frac{1}{1{,}55}$$

dies ist sehr genau dasselbe Verhältniß, welches wir in §. 28. S. 169 als mittles Durchschnitts-Verhältniß zwischen der Elasticitätsgrenze des Ausreckens und der absoluten Festigkeit des Gußeisens gefunden haben.

Auch hier fehlen für das Schmiedeeisen und für den Stahl Versuche, welche die Elasticitätsgrenze dieser Materialien ermitteln ließen. Indessen pflegt man bei der Berechnung der Wellenstärken von dem Gesichtspunkte auszugehen, daß die Maximal-Spannung der äußersten Faserschicht höchstens betragen dürfe:

bei Gußeisen für 1 preuß. □Zoll . . . = 7000 Zollpfund
„ Schmiedeeisen für 1 preuß. □Zoll . . = 10000 „
„ Stahl für 1 preuß. □Zoll . . . . = 18000 „

und daß dieser größte Werth der Spannung der äußersten Faserschicht erst eintreten dürfe, wenn das auf Torsion wirkende Moment beträgt:

bei Wellen, die durch Menschen oder Thiere bewegt werden, das 4fache,
„ „ die durch Elementar-Kräfte bewegt werden, das 6fache,
„ „ die mit starken Schwungmassen versehen sind und schnell gehen, das 8fache

desjenigen Momentes, welches bei dem normalen Gange der Maschine auf Torsion wirkt.*)

Wenn eine Welle auf Torsion in Anspruch genommen wird und sie erleidet unter dem Einfluß der auf Torsion wirkenden Kräfte eine Verdrehung, so gehen die ursprünglich parallelen und geradlinigen Faserschichten in Spiralen über. Denken wir eine solche Faserschicht auf der Oberfläche der Welle, so erscheint das eine Ende derselben fest gehalten, während das andere unter Einwirkung der Kräfte sich um einen Bogen verdreht, der dem Torsionswinkel entspricht. Ist φ der Werth des Torsionswinkels im Bogenmaaß und y^1 der Abstand der betrachteten Faserschicht von der neutralen Axe, so beschreibt dieses andere Ende einen Bogen $= \varphi\, y^1$ und wenn wir nun das festgehaltene Ende, die ursprüngliche Lage des gedrehten Endes und seine jetzige Lage betrachten, so bilden diese drei Punkte ein rechtwinkliges Dreieck, dessen rechter Winkel die ursprüngliche Lage des gedrehten Endes darstellt und dessen Katheten sind:

1) der Bogen der Drehung $\varphi \,.\, y^1$;
2) die Länge der Faser L.

Hieraus ergiebt sich der Winkel x, welchen die Faser nach der Verdrehung mit ihrer ursprünglichen Lage macht, durch die Gleichung

$$\operatorname{tang} x = \frac{\varphi\, y^1}{L}$$

und wenn man die Werthe auf S. 207 und auf S. 209 einführt:

$$\operatorname{tang} x = \frac{P\,R}{E^1} \cdot \frac{y^1}{T} = \frac{P\,R}{T^1} \cdot \frac{1}{E^1}.$$

*) Masch. Thl. I. S. 237.

Nun aber ist nach dem Frühern:

$$\frac{P\,R}{T^1} = s^1$$

folglich ist

$$\text{tang } x = \frac{s^1}{E^1}$$

oder es ist die Tangente des Winkels, welchen die Richtung der äußersten Faser nach der Verdrehung mit der ursprünglichen Richtung macht, gleich dem Verhältniß zwischen der Spannung der äußersten Faserschicht zu dem Torsions-Modul.

Hiernach ist die größte Abweichung von der ursprünglichen Lage, welchen die Fasern nach der Verdrehung annehmen dürfen, zu bestimmen, nämlich

für Gußeisen $\text{tang } x = \frac{7000}{3\,500\,000} = \frac{1}{500} = 0{,}002$; $x = 6{,}1$ Minuten

für Schmiedeeisen $\text{tang } x = \frac{10000}{9\,300\,000} = \frac{1}{930} = 0{,}001075$; $x = 3$ Minuten.

Diese Abweichung der Faserschicht von der ursprünglichen Lage soll indessen nur im äußersten Falle erreicht werden, und die bei dem gewöhnlichen Gange stattfindende Abweichung beträgt nun $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_8$ jener eben berechneten Werthe, je nachdem man die Wellen zu Folge der obigen Regeln für belebte Motoren, für Elementarkräfte, oder für starke Schwungmassen berechnet hat.

Morin nimmt als zulässige Belastung der äußersten Faserschicht für leichte Wellen bei gewöhnlichem Gange für Schmiedeeisen 5475 Zollpfund und für Gußeisen 1825 Zollpfund an; für schwere Wellen aber nur die Hälfte.

Setzen wir voraus, daß Morin unter „leichten Wellen" solche verstanden hat, für welche wir oben das vierfache Moment und unter „schweren Wellen" solche, für welche wir oben das achtfache Moment in Rechnung gebracht haben, so ergeben sich zwischen den Annahmen von Morin und denen des Verfassers folgende Vergleichungen:

Beim gewöhnlichen Gange der Maschine soll betragen die Belastung der äußersten Faserschicht einer auf Torsion in Anspruch genommenen Welle:

		Zollpfund.	
		Nach Morin.	Nach dem Verfasser.
Gußeisen	leichte Wellen	1825	1750
	mittlere "	1216	1167
	schwere "	912	875
Schmiedeeisen	leichte "	5475	2500
	mittlere "	3650	1667
	schwere "	2738	1250
Stahl	leichte "	5475	4500
	mittlere "	3650	3000
	schwere "	2738	2250

§. 34.

Widerstand des Eisens gegen Abschneiden und Durchlochen.

Einen eigenthümlichen Widerstand bietet das Eisen, wenn es auf Abschneiden in Anspruch genommen wird.

Man hat früher diese Art der Festigkeit wenig beachtet, sie tritt jedoch nicht nur bei vielen Bauconstructionen wesentlich in den Vordergrund, sondern bildet auch den Arbeitswiderstand vieler Maschinen, deren Aufgabe es ist, das Eisen zu zertheilen, z. B. der Schneidemaschinen, Lochmaschinen, Bohrmaschinen u. s. w. Der Widerstand gegen Abschneiden tritt auf, wenn ein Theil des Körpers festgehalten wird, und der unmittelbar angrenzende Theil des Körpers durch eine Kraft so in Anspruch genommen wird, daß er gezwungen ist, sich gegen den festgehaltenen Theil zu verschieben. Von dieser Art ist z. B. der Widerstand, den die Niete in den Blechtafeln und Gitterstäben zu leisten haben, wenn diese Tafeln oder Stäbe so in Anspruch genommen werden, daß ein Bestreben sich gegenseitig zu verschieben stattfindet; ferner ist der Widerstand der Gelenkbolzen in den Gelenk-Ketten gleicher Natur, wenn die Ketten gespannt sind u. s. w.

Die Versuche, die über die Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Abschneiden vorliegen, sind nicht sehr zahlreich, und die Theorie dieser Widerstandsfähigkeit ist noch nicht sehr ausgebildet. Gewöhnlich sucht man die Widerstandsfähigkeit gegen Abschneiden auf die absolute Festigkeit zurückzuführen und betrachtet die Kraft, welche eine Zerstörung des Zusammenhanges der einzelnen Theilchen eines Körpers mittelst Abschneiden herbeiführt, als einen aliquoten Theil der absoluten Festigkeit.

Versuche, welche in Clausthal über die Widerstandsfähigkeit der Kettenbolzen gegen Abschneiden angestellt wurden, ergaben folgende Resultate:

	Zollpfund für einen preuß. □Zoll Schnittfläche.
Gutes raffinirtes, geschmiedetes Stabeisen . . .	40000 bis 50000 (68 bis 80 Procent der absoluten Festigkeit.)
Solinger Gußstahl von der unschweißbaren Sorte, ungehärtet	90000 (75 Procent der absoluten Festigkeit.)
Derselbe federhart	50000 (42 Procent der absoluten Festigkeit.)

Die untersuchten Bolzen hatten 0,5 bis 0,82 Zoll Durchmesser, folglich einen Querschnitt von 0,1963 bis 0,5281 Quadratzoll.

Die Einrichtung war so getroffen, daß das Glied, woran die Zugkraft wirkte, zwischen zwei andern Kettengliedern lag, so daß zwei Schnittflächen gleich dem

Querschnitt der Bolzen entstanden und die Länge des herausgeschnittenen Stückes gleich der Länge eines Kettengliedes war; die Zugkraft war aber doppelt so groß, als für die einfache Schnittfläche erforderlich gewesen wäre. Es stellte sich bei diesen Versuchen heraus, daß wenn die Kettenglieder nicht dicht zusammengehalten wurden, sondern etwas von einander abweichen konnten, die Widerstandsfähigkeit der Bolzen geringer war, als im entgegengesetzten Falle.

Aehnliche Versuche sind von den Herren Goin und Comp. in Paris angestellt worden bei Gelegenheit der Erbauung der Brücke von Clichy. Man ließ Stäbe von gut durchgearbeitetem (gegerbtem) Schmiedeeisen mit Durchmessern von 8, 10, 12 und 16 Millimeter genau abdrehen, steckte dieselben nach Art der Bolzen in zwei gehärtete Stahlstücke, von denen das eine gabelförmig war, und das andere flache Stück genau umfaßte.

Die zur Aufnahme der Stäbe in den Stahlstücken angebrachten Oeffnungen waren genau passend und im Innern polirt. Durch directe Gewichtsbelastung wurden die beiden Stahlstücke nach entgegengesetzten Richtungen gezogen, bis zur vollständigen Durchschneidung der kleinen Stäbe. Die im Augenblick der Zerstörung stattfindenden Belastungen wurden durch den Flächeninhalt der beiden Trennungsflächen dividirt und so fand man die Schnittfestigkeit pro Flächeneinheit. Die Resultate sind folgende:

Durchmesser des Bolzens in Centimeter.	Bruchgewicht pro □Centimeter Kilogrammes.	Durchmesser des Bolzens in preuß. Zollen.	Flächeninhalt des Querschnitts □Zoll.	Bruchgewicht in Zollpfund pro □Zoll preuß. *)	Bemerkungen.
0,8	3270	0,306	0,0735	44730	Mittel aus 10 Versuchen
1,0	3155	0,382	0,1146	43160	desgl.
1,2	3148	0,459	0,1655	43060	desgl.
1,6	3183	0,612	0,2942	43540	desgl.
	3189	Mittel aus allen Versuchen		43620	

Die absolute Festigkeit des hier untersuchten Eisens war 54700 Zollpfund auf einen preuß. Quadratzoll, oder 4000 Kilogrammes pro □Centimeter, mithin betrug im Durchschnitt

$$\text{Schmiedeeisen} \left\{ \frac{\text{Schnittfestigkeit}}{\text{Absolute Festigkeit}} = \frac{43620}{54700} = \frac{100}{125,4} = \frac{79,82}{100} = \frac{4}{5}. \right.$$

Versuche, welche mit demselben Apparat angestellt wurden, indem man die zu untersuchenden Stangen heiß in die Oeffnungen brachte und dann an den beiden äußersten Flächen der Gabel vernietete, ergaben anstatt des Werthes 3189 ein Zerreißungsgewicht von 3255 Kilogrammes pro □Centimeter oder von 44530 Zollpfund für einen preuß. Quadratzoll; es sind also etwa 1000 Pfund für den Quadratzoll Querschnittsfläche durch die Reibung gewonnen worden, welche der Nietkopf des Eisens gegen die Fläche der Stahlgabel vermöge

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

des Druckes ausübte, der durch das Zusammenziehen beim Erkalten des Nietes hervorgerufen wurde.

Noch andere Versuche führt Morin an, welche mit stärkerem Rundeisen für Nieten angestellt worden sind und welche den Einfluß zeigen, welcher durch einfachen Zug entsteht. Bei den bisher betrachteten Versuchen waren nämlich stets zwei Schnittflächen gleichzeitig entstanden; die hier in Rede kommenden Versuche sind sowohl in dieser selbigen Weise als auch so angestellt worden, daß nur eine Schnittfläche erzeugt wurde.

Durchmesser des Rundeisens 2,23 Centimeter = 0,853 Zoll preußisch.

Beim einfachen Zug	1 Stange	56200
	dieselbe	51400
	Mittel aus 4 Stangen .	56200
	„ „ 6 „ .	55800
	Durchschnitt	55000
Bei doppeltem Zug	1 Stab	49310
	2 „	46550
	3 „	46550
	4 „	46550
	5 „	46550
	Durchschnitt	47100

Hiernach ergiebt sich folgender Vergleich:

$$\text{Schmiedeeisen} \left\{ \frac{\text{Schnittfestigkeit bei einfachem Zug}}{\text{„ „ „ doppeltem „}} = \frac{55000}{47100} = \frac{100}{85,6} = \frac{116,8}{100} = \frac{51}{43}. \right.$$

Die Schnittfestigkeit kommt in Betracht bei den Maschinen, welche zum Lochen der Kesselbleche bestimmt sind und welche diese Arbeit dadurch verrichten, daß ein Theil des Bleches, dem Durchmesser des Loches entsprechend, mittelst eines Stempels, welcher in ein passendes Gesenk paßt, herausgedrückt wird. Hierbei wird die Umschlußfläche des herausgedrückten Stückes von der innern Wandung des in der Blechtafel gebildeten Loches abgeschnitten. Versuche über den Widerstand, welchen diese Art der Schnittfestigkeit bei Kesselblechen darbietet, sind in der Great-Western Dampfschiff-Bau-Anstalt zu Bristol von John Jones angestellt worden. Diese Versuche wurden mittelst eines Hebeldurchstoßes ausgeführt, dessen erster Hebel mit dem Stempel das Umsetzungs-Verhältniß $\frac{6 \text{ Zoll}}{6 \text{ Fuß}} = \frac{1}{12}$ und dessen zweiter Hebel das Umsetzungs-Verhältniß $\frac{2 \text{ Fuß}}{10 \text{ Fuß}} = \frac{1}{5}$ hatte. Das ganze Umsetzungs-Verhältniß von dem Ende des zweiten Hebels, an welchem sich eine Wageschaale zur Aufnahme von Gewichten befand, bis zu dem Stempel, betrug also $\frac{1}{12} \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{60}$. Da nun das Gewicht der Hebel und der Schaale durch eine Gegengewichtsschale ausgeglichen war, so repräsentirt das 60fache der in der Wageschaale angebrachten Belastung den Druck auf den Stempel; freilich müßte noch die gewiß nicht unerhebliche Reibung hier-

von in Abzug gebracht werden. In folgender Tabelle haben wir die Jones'schen Versuche für unsere Zwecke bearbeitet, zusammengestellt und geordnet.

Die Kolumne „Schnittfläche" bezeichnet die Anhaftungsfläche des durchgedrückten Stückes und ist also

$$\text{Schnittfläche} = \pi \, d \, . \, \delta,$$

wenn d den Durchmesser des Stempels und δ die Blechstärke bedeutet. In der Tabelle bedeutet ferner das Zeichen:

**) Der Stempel zerbrach.

†) Gesenke und Stempel zerbrachen.

††) Das Gesenk zerbrach.

§) Der Stempel wurde verbogen und das Gesenk zerbrach.

△) Zum Versuche wurde ein Stück sehr weiches $^7/_8$zölliges Eisen benutzt, das zum richtigen Lochen zu schmal war.

△△) Die Maschine gestattete das Lochen stärkerer Bleche nicht.

Resultate

der Versuche von Jones über den Kraftbedarf zum Lochen der Kesselbleche.

Durchmesser des Stempels. Zoll engl.	Blechdicke. Nr. der Drahtlehre.	Gewicht in der Waageschale. Pfund engl.	Mittelwerth. Pfund engl.	Druck des Stempels. Pfund engl.	Schnittfläche. Umfang. Zoll engl.	Schnittfläche. Größe. □ Zoll engl.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche. engl. in engl. Pfunden.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche. preußisch in Zollpfdn. *)
$^1/_8$	16	45,5 44,5	45	2700	0,3927			
	15	58,5 57,0 54,5	$56^2/_3$	3400	0,3927			
	14	68 64 69,75	67,25	4035	0,3927			
	13	89,5? 90,0? 72 70	71	4260	0,3927			
	12	77,5 75 76,5	$76^1/_3$	4580	0,3927			
	11	79 81 80,75	80,25	4815	0,3927			

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □ Centimeter zu erhalten.

Durchmesser des Stempels. Zoll engl.	Blechdicke. Nr. der Drahtlehre.	Gewicht in der Waageschale Pfund engl.	Mittelwerth Pfund engl.	Druck des Stempels Pfund engl.	Schnittfläche. Umfang. Zoll engl.	Schnittfläche. Größe □ Zoll engl	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche engl. in engl Pfunden.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche preußisch in Zollpfdn. *)
1/8	10	83 84 81,5	82,83	4970	0,3927			
	9	92 91 92,25	91,75	5505	0,3927			
	8	110 109 107 108	108,5	6510	0,3927			
	7	113,25 113,25 114,25	113,58	6815	0,3927			
	6	123 126	124,5	7470	0,3927			
	5	138,5 144,25 142,75	141,83	8510	0,3927			
	4 **)	141						
	Zoll engl.							
1/4	1/8	130,25 127,00 125,00 123,50	126,44	7586	0,7854	0,09818	77260	74320
	3/16	164,00 170,00 158,00	164,00	9840	0,7854	0,14726	68380	65770
	1/4	222,00 232,50 224,00	226,17	13570	0,7854	0,19635	69110	66480
	5/16	227,00 239,00 238,00	234 2/3	14080	0,7854	0,24544	57370	55180
	3/8	301,75 295,00 295,00	297,25	17835	0,7854	0,29453	60550	58250

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □ Centimeter zu erhalten.

Durchmesser des Stempels. Zoll engl.	Blechdicke. Zoll engl.	Gewicht in der Waageschale. Pfund engl.	Mittelwerth Pfund engl.	Druck auf den Stempel. Pfund engl.	Schnittfläche. Umfang. Zoll engl.	Schnittfläche. Größe. □Zoll engl.	Druck auf den Stempel pro □Zoll Schnittfläche engl. in engl. Pfunden.	Druck auf den Stempel pro □Zoll Schnittfläche preußisch in Zollpfdn. *)
1/4		319,00						
	7/16	316,00	316	18960	0,7854	0,34362	55180	53080
		313,00						
	1/2**)	365,25**)	—	21915**)	0,7854	0,39270	—	—
Mittel aus den 5 letzten Werthen							62120	59730
3/8		295,25						
	1/4	297,00	297,01	17825	1,1781	0,29453	60520	58220
		299,00						
		336,00						
	5/16	344,00	342,00	20520	1,1781	0,36816	55740	53610
		346,00						
		453,00						
	3/8	448,00	454 1/3	27260	1,1781	0,44179	61710	59360
		462,00						
	7/16	509 **)	—	30540	1,1781	0,51542	—	—
Mittel aus 3 Werthen							59320	57060
1/2		218,00						
	1/8	222,50	219,83	13190	1,5708	0,19635	67180	64620
		219,00						
		296,50						
	3/16	298,25	295,58	17735	1,5708	0,29453	60220	57920
		292,00						
		413,00						
	1/4	403,00	409 1/3	24560	1,5708	0,39270	62540	60160
		412,00						
		466,00						
	5/16	468,00	466 2/3	28000	1,5708	0,49088	57040	55000
		466,00						
		619,00						
	3/8	621,00	620 1/3	37220	1,5708	0,58905	63190	61150
		621,00						
		742,00						
	7/16	739,00	744 2/3	44700	1,5708	0,68723	65040	62570
		754,00						
		791,00						
	1/2	784,00	819	49140	1,5708	0,78540	62570	60160
		882,00						

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Durchmesser des Stempels. Zoll engl.	Blechdicke. Zoll engl.	Gewicht in der Waageschale. Pfund engl.	Mittelwerth. Pfund engl.	Druck auf den Stempel. Pfund engl.	Schnittfläche. Umfang. Zoll engl.	Schnittfläche. Größe. □ Zoll engl.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche engl. in engl. Pfunden.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche preußisch in Zollpfdn. *)
1/2	5/8	996,00 1001,00 †)	998,5?	—	—	—	—	—
	11/16	987,00 998,25 993,00	992,75	59565	1,5708	1,07993	55150	53050
	3/4	1167,25 ††)	—	70035	1,5708	1,17810	—	—
Mittel aus 8 Werthen							61620	59330
5/8	1/4	477,00 491,25 483,00	487,08	29225	1,9635	0,49088	59530	57270
	3/8	791,00 798,00 812,00	800 1/3	48020	1,9635	0,73631	65220	62720
	1/2	994,00 987,00 988,00	989 2/3	59380	1,9635	0,98175	60480	58180
	5/8	1271,0 1232,0 1225,0	1209 1/3	74560	1,9635	1,22719	60760	58440
	3/4	1344,0	—	80840	1,9635	1,47262	—	—
Mittel aus 4 Werthen							61500	59150
3/4	1/4	588,0 578,0 578,0	581 1/3	34880	2,3562	0,58905	59210	56960
3/4	3/8	868,0 833,0 826,0	842 2/3	50540	2,3562	0,87358	57860	55650
3/4	1/2	1050,0 1047,0 1053,0	1050	63000	2,3562	1,17810	53480	51440
3/4	5/8	1284,0 1260,0 1298,0	1280 2/3	76840	2,3562	1,47262	52180	50190
3/4	3/4	1659,0 §)	—	99540	2,3562	1,76715	—	—
Mittel aus 4 Werthen							55680	53560

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □ Centimeter zu erhalten.

Durchmesser des Stempels. Zoll engl.	Blechdicke. Zoll engl.	Gewicht in der Waageschale. Pfund engl.	Mittelwerth. Pfund engl.	Druck auf den Stempel. Pfund engl.	Schnittfläche. Umfang. Zoll engl.	Schnittfläche. Größe □ Zoll engl.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche engl. in engl. Pfunden.	Druck auf den Stempel pro □ Zoll Schnittfläche preußisch in Zollpfdn. *)
7/8	1/4	655,5 683,5 678,0	672 2/3	40340	2,7489	0,68723	58700	56460
7/8	3/8	1032,0 1047,0 1046,0	1041 2/3	62500	2,7489	1,03084	60630	58320
7/8	1/2	1449,0 1408,0 1372,0	1409 2/3	84580	2,7489	1,37445	61540	59200
7/8	5/8	1652,0 1652,0 1658,0	1620 2/3	99240	2,7489	1,71807	57760	55560
7/8	3/4	2083,0 2072,0 2058,0	2071	124260	2,7489	2,06168	60280	57990
7/8	7/8	2072,0△ 2044,0△	2058?	—	—	—	—	—
7/8	1	2464,0△△)	—	147840	2,7489	2,74890	—	—
Mittel aus 5 Werthen							59780	57510
1	1/4	812,0 817,0 784,0	804 1/3	48260	3,1416	0,78540	61450	59110
1	3/8	1237,0 1232,0 1204,0	1224 1/3	73460	3,1416	1,17810	62350	59980
1	1/2	1450,0 1526,0 1568,0	1514 2/3	90880	3,1416	1,57080	57860	55650
1	5/8	1785,0 1836,0 1792,0	1804 1/3	108260	3,1416	1,96350	55140	53040
1	3/4	2282,0 2276,0 2247,0	2268 1/3	136100	3,1416	2,35620	57760	55560
1	1	2881,0△△)	—	172860	3,1416	3,14159	—	—
Mittel aus 5 Werthen							58910	56670

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

Bei Bildung der Mittelwerthe dieser Tabelle sind diejenigen Versuchswerthe außer Betracht geblieben, bei welchen der Stempel oder das Gesenk zerbrach und welche dadurch ungeeignet erschienen die Schnittfestigkeit zu beurtheilen, ebenso sind diejenigen Werthe nicht mit berechnet worden, welche auffallende Abweichungen zeigen und welche offenbar auf irgend einer Unrichtigkeit des Versuchs beruhen müssen. Stellen wir die gefundenen Mittelwerthe zusammen, so ergiebt sich die Schnittfestigkeit:

bei einem Durchmesser der Löcher:		pro □Zoll englisch.	pro □Zoll preußisch.*)
von 1/4 Zoll	engl.	= 62120 engl. Pfd.	= 59730 Zollpfund.
„ 3/8 „	„	= 59320 „ „	= 57060 „
„ 1/2 „	„	= 61620 „ „	= 59330 „
„ 5/8 „	„	= 61500 „ „	= 59150 „
„ 3/4 „	„	= 55680 „ „	= 53560 „
„ 7/8 „	„	= 59780 „ „	= 57510 „
„ 1 „	„	= 58910 „ „	= 56670 „
Im Mittel aller Versuche:		59850 engl. Pfunde	57570 Zollpfunde.

Man kann an diese Zusammenstellung folgende Bemerkungen knüpfen:

1) Die durchschnittliche Schnittfestigkeit der Eisenbleche ist ziemlich genau proportional der Schnittfläche und unabhängig von dem Durchmesser der Löcher und von der Dicke der Bleche. Denn obwohl bei 1/4 Zoll Durchmesser des Stempels, also bei dem kleinsten Durchmesser des Loches in obiger Zusammenstellung der größte Werth für die Schnittfestigkeit vorkommt, so variirt derselbe doch bei andern Lochdurchmessern so, daß sich nicht ein Gesetz folgern läßt, nach welchem er mit der Zunahme des Lochdurchmessers sich ändere.

2) Nach Folgerungen, die Bornemann aus den Jones'schen Versuchen zieht**), ändert sich die Schnittfestigkeit mit der Größe der Schnittfläche, und ist um so geringer, je größer die Schnittfläche ist.

Bornemann findet für die Schnittfestigkeit folgende Formeln:

$$k = 62725 - 2822{,}34\ F$$

wenn k die Schnittfestigkeit in englischen Pfunden für einen englischen Quadratzoll und F die Größe der Schnittfläche $\pi\, d\,.\,\delta$ (s. oben) bezeichnet, oder

$$k = 44{,}102 - 0{,}003076\ F$$

wenn k in Kilogrammes pro Quadrat-Millimeter und F in Quadrat-Millimeter gegeben sind. Dies würde ergeben die Formel:

$$k = 60340 - 2878{,}60\ F$$

wenn k in Zollpfunden für einen preußischen Quadratzoll und F in preußischen Quadratzollen genommen werden.

Wir theilen diese Ansicht von Bornemann hier mit, ohne jedoch dieselbe zu adoptiren, da wir die Richtigkeit der Prämissen, aus denen dieselbe hergeleitet worden ist, nicht vollständig anerkennen können.

*) Diese Zahlen sind mit 0,731 zu multipliciren, um die Werthe in Kilogrammes pro □Centimeter zu erhalten.

**) Civil-Ingenieur. Neue Folge, Band I. S. 216 und Polytechnisches Centralblatt 1854. S. 963.

3) Vergleichen wir die Festigkeit der Bleche mit den Versuchen, welche über das Abschneiden cylindrischer Stäbe oder Bolzen gemacht worden sind, so ergiebt sich für die Schnittfestigkeit der Bleche ein überwiegender Werth. Es betrug nämlich die Schnittfestigkeit der Bolzen:

	pro □Zoll preußisch.
nach den Versuchen in Clausthal: (S. 214) . .	45000 Zollpfund.
„ „ „ von Goin u. Co. (S. 215) . .	43620 „
„ der Angabe von Morin bei doppeltem Zuge (S. 216)	47100 „
im Mittel :	45240 Zollpfund.
Während die Schnittfestigkeit der Bleche nach den obigen Versuchen von Jones	57570 „
also größer ist um . . . . :	12330 Zollpfund.

Dieser erhebliche Ueberschuß läßt sich füglich dadurch erklären, daß bei der Art und Weise, wie das Durchdrücken der Löcher durch die Blechtafeln erfolgt, das herausgedrückte Stück eine sehr starke Zusammendrückung erleidet, die zum Theil eine bleibende Form-Veränderung bedingt, zum Theil aber zur Folge hat, daß dieses elastische und comprimirte Eisenstück bei dem Durchschieben durch das Loch einen Druck auf die Innenwandung der Höhlung ausübt, welcher Reibung erzeugt.

Es ist also der Widerstand beim Durchdrücken zusammengesetzt aus drei einzelnen Widerständen, nämlich

a) dem Widerstand gegen Abschneiden in der Anhaftungsfläche,

b) dem Widerstand, welchen die Form-Veränderung des herausgedrückten Stückes bedingt, und

c) dem Widerstand, welcher durch die Reibung in der Höhlung des Loches entsteht.

Wie sich der Durchschnittswerth von 57570 Zollpfunden auf diese drei Widerstände vertheilt, darüber fehlen Versuche.

Stellen wir nunmehr die gewonnenen Resultate für das Schmiedeeisen zusammen, so ergiebt sich:

Schmiedeeisen $\left\{ \frac{\text{Widerstand gegen Abschneiden}}{\text{Widerstand gegen Durchlochen}} = \frac{45240}{57570} = \frac{100}{127,3} = \frac{78,55}{100} = \frac{15}{19}, \right.$

desgl. $\left\{ \frac{\text{Widerstand gegen Abschneiden}}{\text{Widerstand gegen Zerreißen}} = \frac{45240}{51300} = \frac{100}{113,4} = \frac{88,2}{100} = \frac{22}{25} = \frac{7}{8}, \right.$

desgl. $\left\{ \frac{\text{Widerstand gegen Abschneiden}}{\text{Widerstand gegen Zerdrücken}} = \frac{45240}{34200} = \frac{100}{756} = \frac{132}{100} = \frac{4}{3}, \right.$

desgl. $\left\{ \frac{\text{Widerstand gegen Durchlochen}}{\text{Widerstand gegen Zerreißen}} = \frac{57570}{51300} = \frac{100}{89,8} = \frac{112,2}{100} = \frac{28}{25} = \frac{8}{9}, \right.$

desgl. $\left\{ \frac{\text{Widerstand gegen Durchlochen}}{\text{Widerstand gegen Zerdrücken}} = \frac{57570}{34200} = \frac{100}{59,5} = \frac{168,3}{100} = \frac{42}{25} = \frac{7}{4}. \right.$

Es beträgt nämlich in runden Zahlen für einen Quadratzoll preußisch:

der Widerstand gegen Durchlochen	57570	Zollpfund.
„ „ „ Zerreißen	51000	„
„ „ „ Abschneiden	45000	„
„ „ „ Zerdrücken	34000	„

§. 35.

Ursachen, welche die Festigkeit des Eisens vermehren.

Die Festigkeit des Eisens wird durch mancherlei Einflüsse wesentlich geändert, theils vergrößert, theils vermindert. Viele von diesen Einflüssen haben sich bis jetzt der Beobachtung entzogen, oder wenigstens sind die Beobachtungen noch nicht zu irgend einem brauchbaren Resultat gelangt. Zu den Einflüssen, welche die Festigkeit des Eisens vermehren, gehört besonders eine vielfache Durcharbeitung und eine innige Mengung der Atome des Eisens und Befreiung desselben von allen verunreinigenden Bestandtheilen. So hat die Erfahrung gelehrt, daß die Festigkeit des Schmiedeeisens um so beträchtlicher ist, zu je kleinern und feinern Dimensionen und je sorgfältiger dasselbe ausgearbeitet ist. Eisen, welches nach dem Puddeln unter Hämmern gezängt worden, dann stets durch Hämmer weiter bearbeitet worden ist, hat im Allgemeinen eine größere Festigkeit, als Eisen, welches nur durch Walzen bearbeitet worden ist. Es ist eine ausgemachte Thatsache, daß man schmiedeiserne Wellen von irgend erheblichen Dimensionen von weit beträchtlicher Festigkeit erhält, wenn man das Eisen zunächst zu dünnen Stäben ausarbeitet und diese dann zusammenschweißt, als wenn man dieselben gleich aus der Luppe, oder allenfalls aus den Packeten in den verlangten Dimensionen herstellt. Der ganze Prozeß der Herstellung guten Schmiedeeisens beruht darauf, die Atome des Eisens gehörig durcheinander zu mengen und innig mit einander zu verbinden. Was nun für das Schmiedeeisen gilt, müßte auch für das Gußeisen, wenigstens dem Prinzipe nach gelten, und in der That haben Versuche gelehrt, daß man die Festigkeit des Gußeisens wesentlich vermehren könne, wenn man die Atome desselben gehörig durcheinander mengt.

Ein auffallender Versuch der Art ist von Herrn Wilken in der Fabrik von Egells in Berlin angestellt worden. Herr Wilken füllte eine Pfanne mit geschmolzenem Eisen aus einem Kupol-Ofen und blies mittelst eines schmiedeeisernen Rohrs in das geschmolzene Eisen einen Luftstrom, durch welchen dasselbe in eine heftig wallende Bewegung gerieth und die Theile des Eisens sich innig mit einander mengten. Das Gußeisen hatte durch diese Operation sehr wesentlich seine Qualität verbessert und zeichnete sich auf die vortheilhafteste Weise vor dem andern, aus demselben Kupol-Ofen entnommenen, aber nicht in der beschriebenen Weise behandelten Gußeisen aus.

Die innige und wiederholte Mengung der Atome des Gußeisens scheint der Grund zu sein, weshalb das Gußeisen durch wiederholtes Umschmelzen seine Festigkeit wesentlich vermehrt. In dieser Beziehung sind äußerst interessante Versuche von Fairbairn angestellt worden.

Fairbairn unternahm die erwähnten Versuche auf Veranlassung der Brittish-Association, um gewisse Eigenthümlichkeiten zu erforschen, welche sich bei gegossenen Gegenständen zeigen, wenn dieselben zwar aus demselben Gußeisen, aber nach verschiedenen Schmelzprozessen dargestellt sind. Es war nämlich bis zu diesen Versuchen zwar eine allgemein angenommene Meinung, daß das Gußeisen durch zwei-, drei- und vielleicht auch durch viermaliges Umschmelzen

verbessert werde, allein diese Meinung beruhte auf keiner nachgewiesenen Thatsache und war vielmehr aus solchen Beobachtungen hergeleitet worden, welche eine größere Reinheit und eine größere Festigkeit des mehrmals umgeschmolzenen Metalls ergeben hatten.

Jene Beobachtungen erschienen in Betreff der Vermehrung der Festigkeit des Gußeisens durch den Umschmelzungsprozeß genügend festzustehen, und Fairbairn stellte sich daher die Aufgabe, zu untersuchen, bis zu welchem Grade man diese Vermehrung treiben könne, ohne das Metall zu verderben, und welches die Bedingungen sind, die für das krystallinische Gefüge und für die Cohäsion desselben maßgebend sind.

Um hierbei im Stande zu sein, sichere Vergleiche anzustellen, mußte man stets dasselbe Eisen und unter denselben Bedingungen schmelzen; es wurde daher ein besonderer Ofen zu diesen Versuchen eingerichtet und 18 bis 20 Centner heiß-erblasenes Egliton-Roheisen Nr. 3 wurde mit 588 Pfund Kokes und 224 Pfund Kalkstein als Zuschlag eingeschmolzen und in Stangen und Mulden gegossen. Das bei diesem ersten Schmelzprozeß beobachtete Verhältniß zwischen dem Kokes und dem Zuschlag wurde sorgfältig bei allen folgenden Schmelzungen innegehalten, auch wurde jede fernere Beschickung so viel als möglich unter denselben Verhältnissen vorgenommen und auch mit derselben Windmenge niedergeschmolzen.

Bei jeder Schmelzung wurden drei bis vier Stäbe von fünf Fuß Länge und von einem Quadratzoll Querschnitt gegossen, um zu den Versuchen zu dienen, das übrige Eisen wurde in Flossen gegossen, um bei der folgenden Schmelzung zugleich mit den Bruchstücken von den Stäben wieder eingeschmolzen zu werden; ein kleines Probestück behielt man von jeder Schmelzung zurück. Dieses Umschmelzen und die Versuche wurden 18mal wiederholt; hiernach aber war durch den Verlust beim Umschmelzen und durch die jedesmal zurückbehaltenen Proben das Eisenquantum so weit vermindert, daß man die fernern Versuche einzustellen veranlaßt war. Die Resultate der Versuche giebt die folgende Tabelle und zwar gilt das Bruchgewicht wahrscheinlich für eine Entfernung der Stützpunkte des an beiden Enden frei aufliegenden Balkens gleich $4\frac{1}{2}$ Fuß englisch und bei einer Belastung in der Mitte der Länge. Jede Angabe der Tabelle ist das Mittel aus je drei Versuchen.

Tabelle
enthaltend die Resultate der Fairbairn'schen Versuche über die Veränderung der Festigkeit des Gußeisens durch wiederholtes Umschmelzen.

Nummer der Umschmelzung.	Spezifisches Gewicht im Mittel.	Mittler Werth der Bruch bedingenden Belastung.	Mittlere Durchbiegung in der Mitte, kurz vor dem Bruch.	Widerstandsfähigkeit gegen Stoßwirkung.	Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken für einen engl. □Zoll.
		Engl. Pfund.	Engl. Zoll.		Tons.
1	6,969	490,0	1,440	705,6	44,0
2	6,970	441,9	1,446	630,9	43,6
3	6,886	401,6	1,486	596,7	41,1
4	6,938	413,4	1,260	520,8	40,7
5	6,842	431,6	1,503	648,6	41,1
6	6,771	438,7	1,320	579,0	41,1
7	6,879	449,1	1,440	646,7	40,9
8	7,025	491,3	1,753	861,2	41,1
9	7,102	546,5	1,620	885,3	55,1
10	7,108	566,9	1,626	921,7	57,7
11	7,113	651,9	1,636	1066,5	69,8
12	7,160	692,1	1,666	1153,0	73,1
13	7,134	634,8	1,646	1044,9	—
14	7,530	603,4	1,513	912,9	95,9
15	7,248	371,3	0,643	238,6	76,7
16	7,330	351,3	0,566	198,5	70,5
17	—	—	—	—	—
18	7,385	312,7	0,476	148,8	88,0

Das Resultat der siebzehnten Umschmelzung ging verloren, da durch ein Versehen das Eisen beim Abstechen zu steif war, um in die Formen zu laufen. Der Versuch über den Widerstand gegen Zerdrücken wurde durch einen Irrthum bei dem 13. Schmelzprozeß unrichtig.

Die Resultate der Versuche sind nicht für preußisches Maaß und Gewicht umgerechnet, da es nur auf die Verhältnisse der Zahlenwerthe ankommt.

Nach der 14. Umschmelzung hatte sich das Gefüge des Eisens vollständig verändert, indem die Bruchfläche eine ziemliche Aenderung der Molekül-Ablagerung zeigte; an den Rändern war ein lichter, silberweißer Streifen, während das Eisen in der Mitte krystallinisch geblieben war. Nach den folgenden Umschmelzungen wurde die ganze Bruchfläche glänzend, ähnlich der Bruchfläche des Gußstahls.

Untersucht man die Resultate der obigen Zusammenstellung, so ergiebt sich, daß der Widerstand gegen Zerbrechen anfangs abnimmt, bis zum dritten Umschmelzen, dann steigt derselbe und erreicht das Maximum nach dem 12.

Umschmelzen, und zwar einen Werth, der mehr als 1,4 mal so groß ist, als die Bruchfestigkeit nach dem ersten Umschmelzen und mehr als 1,7 mal so groß als der Minimalwerth nach dem 3. Umschmelzen.

Nach dem 14. Umschmelzen, wo die Aenderung des Gefüges eintritt, nimmt auch plötzlich die Bruchfestigkeit des Eisens sehr bedeutend ab.

Die rückwirkende Festigkeit nimmt zwar auch anfangs bis nach dem dritten Umschmelzen ein wenig ab, dann aber bleibt sie in sehr entschiedener Weise constant bis nach dem achten Umschmelzen. Merkwürdiger Weise bleibt auch das spezifische Gewicht bis zu diesem Punkte ziemlich constant. Mit dem neunten Umschmelzen fängt das spezifische Gewicht an stetig zu wachsen bis zum 14. Umschmelzen und in gleicher Weise, nur schneller wachsend, nimmt auch die rückwirkende Festigkeit bis zu diesem Punkte stetig zu, hier aber, mit der Aenderung des Gefüges, nimmt sowohl das spezifische Gewicht, als auch die rückwirkende Festigkeit und noch schneller die Bruchfestigkeit wieder ab.

Ob andere Metalle durch wiederholtes Umschmelzen ein ähnliches Verhalten zeigen, muß vermuthet werden; Versuche jedoch fehlen darüber.

Ein anderes Mittel, die Festigkeit des Gußeisens zu vermehren, besteht in der Wahl eines guten Brennmaterials für den Schmelzprozeß. In der Institution of Civil-Engineers trug im Jahre 1853 Fairbairn einen Aufsatz vor, in welchem er darauf hinwies, daß der Gehalt der Kohlen und der Kokes an Schwefeleisen das im Hohofen erzeugte oder im Kupol-Ofen umgeschmolzene Gußeisen schwefelhaltig mache und dadurch in seiner Festigkeit beeinträchtige. Könnte man den Schwefel aus den Kokes entfernen, oder wenigstens unschädlich machen, so würde dadurch die Festigkeit des Eisens erhöht werden. Fairbairn empfahl in dieser Beziehung ein von Crace-Calvert in Manchester eingeführtes Verfahren.

Nach diesem Verfahren soll man in den Hohofen, wenn derselbe mit Steinkohlen betrieben wird, bei jeder Gicht des Brennmaterials eine nach der Beschaffenheit der Erze, der Zuschläge und der Kohlen bemessene Quantität Kochsalz (Chlornatrium) zusetzen; besser aber soll es sein, wenn man die Kohlen vorher in Kokes umwandelt und bei der Darstellung der Kokes eine entsprechende Quantität Kochsalz in den Kokesofen einsetzt.

Nach der von Fairbairn gegebenen Darstellung wirkt das Chlornatrium auf den Schwefelkies in den Kohlen in folgender Weise.

Nachdem sich das Doppelt-Schwefeleisen in Einfach-Schwefeleisen umgewandelt hat, indem ein Theil des Schwefels in der Hitze ausgetrieben und verbrannt worden, verbindet sich das Chlor mit dem Eisen und der Schwefel mit dem Natrium; es entsteht Schwefel-Natrium und Chloreisen. Hiernach enthalten die erzeugten Kokes den Schwefel nicht mehr als Schwefeleisen, sondern als Schwefelnatrium und in dieser Gestalt geht derselbe in die Schlacke, resp. in die Asche, wenn man die Kokes in Locomotivfeuerungen verwendet.

Die so erzeugten Kokes sollen beim Ausziehen aus dem Ofen gar keinen Schwefelgeruch verbreiten, beim Abschrecken mit Wasser nicht den bekannten penetranten Schwefel-Wasserstoff-Geruch erzeugen und im Ganzen mit einem Mehr-

kosten-Aufwande von etwa einem Penny (10 Pfennige preußisch) auf die Tonne (20 Centner) Kokes sich herstellen lassen.

Nach dem erwähnten Aufsatz von Fairbairn betrug

der Schwefelgehalt:

Eglinton-Roheisen: aus dem Hohofen	Im Kupol-Ofen umgeschmolzen mit gewöhnlichen Kokes	Im Kupol-Ofen umgeschmolzen mit präparirten Kokes
0,336.	0,281.	0,191.

Monkland-Roheisen		Dalmellington-Roheisen	
ohne Kochsalz	mit Kochsalz	ohne Kochsalz	mit Kochsalz
im Hohofen erblasen		im Hohofen erblasen	
0,390	0,150	0,956	0,218

Das Bruchgewicht eines Stabes von 1 Quadratzoll Querschnitt.

579 Pfund	627 Pfund	487 Pfund	556 Pfund
576 „	655 „	456 „	525 „
Mittel 557,5 „	641 „	487 „	544 „
		470 „	562 „
		—	569 „
		Mittel 475 „	551 „

Es hatte sich also eine Vermehrung der Festigkeit herausgestellt.

Monkland-Eisen = 557,5 : 641 = 1 : 1,13
Dalmellington-dto. = 475 : 551 = 1 : 1,16
im Mittel = 1 : 1,145

also um 14 1/2 Procent.

Endlich mag hier als ein Mittel die Festigkeit des Eisens zu vermehren angeführt werden, daß nach Versuchen von Morris Stirling die Bruchfestigkeit gußeiserner Träger wesentlich vermehrt wird, wenn man dem ungeschmolzenen Eisen, gleichviel ob dies Umschmelzen in Kupolöfen oder in Flammöfen erfolgt, Drehspähne oder Feilspähne von Schmiedeeisen zusetzt. Stirling glaubt, daß hierbei ein chemischer Vorgang stattfinde, in Folge dessen das Gußeisen einen Theil seines Kohlenstoffes an das Schmiedeeisen abgebe, wodurch sich ein dem Stahl näher stehendes Fabrikat erzeuge und daß, wenn man die Verhältnisse zwischen dem Gußeisen und dem Schmiedeeisen richtig wähle, man im Stande sein müsse, ein vollkommen stahlartiges Material zu erzeugen.

Versuche mit Gußeisen, welches nach Stirling's Patent durch Zusammenschmelzen von Roheisen- und von Schmiedeeisen-Abfällen dargestellt worden war, sind von Owen für die englische Admiralität angestellt worden, und zwar in sehr großem Maaßstabe. Es wurden nämlich gußeiserne Träger von Tförmigem Querschnitt von 17 englischen Fuß Länge gegossen, dieselben auf Stützen gelegt, so daß sie 16 Fuß engl. frei lagen, und demnächst durch Belastung in der Mitte zerbrochen. Jeder Träger wog etwa 15 Centner engl. und war auf eine Bruchbelastung von 39 1/2 Tons (à 2240 Pfund engl.) berechnet. Das Mischungsverhältniß bei dem ersten Versuch war:

Staffordshire-Eisen Nr. 2. heiß erblasen	35 Centner,
Schmiedeeisen-Abfälle	6 „
	41 Centner.

Diese Mischung wurde im Kupol-Ofen geschmolzen und ergab ein Bruchgewicht von 50½ Tons; dieselbe Mischung im Flammofen geschmolzen ergab ein Bruchgewicht von 51½ Tons, also zu Gunsten des Flammofens eine um 2 Procent größere Bruchfestigkeit. Hierauf wurde eine Reihe von Versuchen mit 7 Balken aus gewöhnlichem Gußeisen von verschiedener Beschaffenheit angestellt; sämmtliche Balken waren aus je einer bestimmten Eisensorte ohne Vermischung aus dem Flammofen gegossen und ergaben ein durchschnittliches Bruchgewicht von 33,25 Tons, so daß der aus gemischtem Eisen dargestellte Balken im Verhältniß 33,25 : 51,5 oder von 1 : 1,55 größere Bruchfestigkeit zeigte. Dies Verhältniß wurde etwas modificirt durch nachfolgende ausgedehnte Versuche mit 13 Balken aus ungemischtem Eisen und mit 11 Balken aus gemischtem Eisen, welches etwa $^1/_7$ der Gesammtmasse oder im Verhältniß 1:6 Schmiede-Eisen-Abfälle enthielt.

Die bei diesen Versuchen beobachteten Bruchbelastungen enthält folgende Tabelle:

Nummer des Balkens.	Bruchbelastungen der Balken.	
	Gewöhnliches Gußeisen.	Gußeisen mit Schmiedeeisen-Abfällen gemischt.
1	30,00 Tons	52,50 Tons
2	35,00 „	50,50 „
3	33,00 „	48,00 „
4	34,00 „	52,00 „
5	33,25 „	52,50 „
6	34,50 „	60,50 „
7	43,75 „	52,50 „
8	46,50 „	50,50 „
9	47,00 „	56,60 „
10	47,25 „	48,50 „
11	38,50 „	52,00 „
12	36,50 „	— „
13	38,50 „	— „
Mittel	38,30 „	52,30 „

Hierdurch stellt sich ein Verhältniß der Bruchfestigkeit heraus im Mittel:

$$\frac{\text{ungemischtes Eisen}}{\text{gemischtes Eisen}} = \frac{38,30}{52,30} = \frac{1}{1,36}.$$

Es ist also die Bruchfestigkeit des mit Schmiedeeisen-Abfällen gemischten Gußeisens etwa 36 Procent größer als des gewöhnlichen Gußeisens.

Bei dem Zusammenschmelzen des Gußeisens mit den Dreh-, Bohr- oder Feilspähnen von Gußeisen in Kupol-Oefen muß man sich hüten, daß nicht entweder

die leichten Spähne durch den Wind herausgetrieben werden, oder sich so compakt und fest an die Kokes oder an das Gußeisen anlegen, daß sie den Ofen verstopfen und die Circulation des Windes beeinträchtigen.

Nach einem amerikanischen Patent hüllt man, um dies zu vermeiden, die Spähne in Kapseln von Gußeisen, welche mit dem übrigen Gußeisen in den Ofen geworfen werden, auch kann man sich dadurch helfen, daß man beim Einwerfen der Spähne mittelst einer Schaufel die Spähne immer in die Mitte, die Kokes und die Eisenbrocken aber an den Rand des Ofens zu bringen sucht.

§. 36.

Ursachen, welche die Festigkeit des Eisens vermindern.

Unter den Einflüssen, welche die Festigkeit des Eisens vermindern, haben wir schon in §. 26 diejenigen Verunreinigungen angeführt, welche das Eisen fehlerhaft machen, indem es z. B. durch Schwefelgehalt rothbrüchig, durch Phosphorgehalt kaltbrüchig wird. Wir müssen hier auf jene Andeutungen zurückweisen, ebenso auf die in §. 25 gegebene Darstellung des Einflusses, welchen die Wärme auf die Festigkeit des Eisens hat. Allein abgesehen von diesen Einflüssen hat man häufig genug die Bemerkung gemacht, daß Maschinentheile von Eisen, namentlich solche von Schmiedeeisen, nachdem sie oft eine außerordentlich lange Zeit allen Einwirkungen der auf sie angreifenden Kräfte Widerstand geleistet haben, plötzlich brechen, ohne daß ein besonderes Uebermaaß an Kraft, oder sonst außerordentliche Umstände eine Veranlassung dazu zu bieten scheinen.

Diese Thatsache findet sich ganz besonders bei solchen schmiedeeisernen Maschinentheilen, welche auf Torsion in Anspruch genommen werden, und welche dabei Stößen ausgesetzt sind.

Betrachtet man die Bruchfläche solcher Stücke, so findet man meist ein blättriges, mehr oder weniger krystallinisches Gefüge, wie solches schlechtes Schmiedeeisen zu zeigen pflegt, und jede fasrige und sehnige Textur scheint zu fehlen. Dieser Erfahrung gegenüber haben sich gleichwohl die Ansichten der Sachverständigen noch nicht zu einigen vermocht, ob das Eisen ein solches Gefüge schon von Hause aus besessen hat, oder ob das Eisen von Anfang her gut und sehnig gewesen, und erst durch den Gebrauch auf mechanischem Wege das Gefüge geändert habe.

Für beide Ansichten sprechen gewichtige Stimmen und Thatsachen. Die Einen, welche behaupten, daß das Eisen sein Gefüge nicht geändert habe, berufen sich darauf, daß das Aussehen der Bruchfläche nicht ohne Weiteres auf das Gefüge schließen lasse; man könne bei gutem Eisen durch die Art des Bruches Bruchflächen von sehr verschiedenem Aussehen erhalten. Dreht oder feilt man nämlich einen Eisenstab an einer bestimmten Stelle scharf rechtwinklig ein und bricht ihn kurz ab, so ist die Bruchfläche meist körnig und blättrig, wenn man dagegen den Stab festklemmt und ihn durch Hin- und Herbiegen allmählig abbricht, so zeigt der Bruch ein faseriges und sehniges Gefüge. Ferner scheint die Thatsache, daß diejenigen Theile eines Eisenstabes, welcher bei dem Gebrauch

gebrochen ist, die von der Bruchstelle entfernt liegen, gewöhnlich ein vollkommenes Aussehen zeigen und auch sonst ganz gesund erscheinen, darauf hinzudeuten, daß wenigstens keine Textur-Veränderung in dem ganzen Eisenstabe erfolgt sei. Endlich könne man den Bruch auch ohne Annahme einer Textur-Veränderung dadurch erklären, daß der Stab oder die Achse durch die Stöße, welche sie erleidet, dauernd über die Grenze der vollkommenen Elasticität hinaus in Anspruch genommen werde, anfänglich bleibende Formveränderungen und dann Verminderung der Festigkeit an der äußersten Faserschicht erleide; es zeigen sich bei fortgesetztem Gebrauch dann anfänglich an der äußersten Faserschicht kleine Risse und Sprünge, hat hier der Zusammenhang der Fasern aufgehört, so trete bei fortgesetztem Gebrauch dasselbe in der nächstfolgenden Faserschicht ein, bis endlich so viel Fasern zerrissen sind, daß der übrig bleibende Querschnitt der Achse nicht mehr im Stande sei die Last zu tragen und nun ein Bruch erfolgen müsse.

Die andern Techniker, welche behaupten, daß eine Textur-Veränderung durch den Gebrauch erfolgt sei, führen an, daß wenn das Eisen an der Bruchstelle schon von Hause aus ein sehr schlechtes Gefüge besessen habe, wie abgebrochene Drehbankspindeln, Wagenachsen und Wellen solches häufig zeigen, es unmöglich 5, 6 bis 8 Jahre lang vollkommen gut gehalten haben könne; man bemerke an der Bruchstelle häufig Krystalle von 1/4 Zoll Seite und spiegelnde Flächen, welche nach der Qualität des zu den Maschinentheilen verwendeten Eisens sich gar nicht in demselben vermuthen lassen; man finde, daß z. B. eine Menge Wagenachsen, die von anerkannt gutem Eisen angefertigt sind, bei ziemlich gleichmäßigem Gebrauch, sich 5 Jahre lang gut und zuverlässig erhalten haben, dann aber fast gleichzeitig schlecht wurden und Veranlassung zu Brüchen gaben.

Beide Ansichten berufen sich auf Erfahrungen und auf Versuche. Wir lassen hier über beide die Zeugnisse einiger competenter Beobachter folgen.

Morin wandte sich, um sich über die in Rede stehende Frage zu belehren, an zwei Männer, deren Competenz in dieser Sache er anerkennt und deren lange Erfahrung ihrer Ansicht sowohl, als ihren Beobachtungen eine besondere Zuverläßigkeit verleiht. Es sind dies die Herren Marcoux und Arnour, beide ehemalige Artillerie-Offiziere, gegenwärtig aber bei dem französischen Postwesen angestellt. Morin theilt die Berichte dieser Herren wörtlich mit; wir lassen sie hier im Auszuge folgen:

Marcoux berichtet:

Mehrere ausgezeichnete Ingenieure seien der Ansicht, daß bei allzu langem Dienst der Achsen von Fahrzeugen, die sehr schnell sich auf gewöhnlichen Straßen bewegen, die Beschaffenheit des Eisens verdorben wird, und daß seine faserige Textur sich in ein grobkörniges Gefüge mit glänzenden Facetten verwandle, wie man solches bei Eisen von schlechter Qualität findet. Tägliche Beobachtungen, die er länger als 12 Jahre bei den Malleposten angestellt, haben ihn belehrt, daß sich das Eisen der Achsen, die bereits eine längere Zeit gedient haben, nicht auf diese Art verändert und daß man bei einem kalten Bruch dieser Achsen weder in der Größe des Korns, noch in der Textur wesentliche Veränderungen antreffe. Marcour glaubt nicht, daß man bei andern

Wagen Beobachtungen von größerer Zuverlässigkeit anstellen könne, da die Malleposten auf den gewöhnlichen Straßen schneller, als irgend ein anderer Wagen fahren. Dessenungeachtet habe er bei sämmtlichen während 12 Jahren im Dienst zerbrochenen Achsen keine wesentliche Veränderung der Textur des Eisens beobachtet.

Man dürfe indessen aus seinen Beobachtungen nicht etwa den Schluß ziehen, als verändere sich das Eisen der Achsen bei allzu langem Gebrauch überhaupt gar nicht; er glaube im Gegentheil, daß durch die Vibrationen, welche die Achsen bei großer Geschwindigkeit erleiden, das Eisen verdorben wird, ohne daß indessen die Textur sich merklich ändert; er ist ferner überzeugt, daß die Achsen bei allzu langem Gebrauch an Festigkeit verlieren und deshalb habe er bei den französischen Malleposten verordnet, daß die Wagenachsen, nachdem sie eine Strecke von 60000 Kilometer (etwa 8000 preuß. Meilen) durchlaufen haben, erneuert werden müssen.

Marcour stellt also in Abrede, daß die Textur des Eisens verändert werde und schiebt den Bruch nur auf die Erschütterungen, welchen die Achsen ausgesetzt sind, welche nach seiner Beobachtung bewirken, daß gut gearbeitete Achsen aus gutem Eisen, nachdem sie 60000 bis 80000 Kilometer durchlaufen haben, brechen, indem sich unter dem Achsschenkel kleine Risse bilden, welche sich schwer erkennen lassen, ohne daß man das Eisen der Achsschenkel erhitzt. Bleiben diese Risse, welche zur Zeit des Entstehens wenig Tiefe haben, unbemerkt, so brechen die Achsen an dieser Stelle, sobald die Risse 10 bis 15 Millimeter (5 bis 7 Linien) in den Achsschenkel eingedrungen sind.

Marcour glaubt, daß sich diese Risse erst nach einem längern Gebrauch der Achsen bilden und daß sie durch die Erschütterungen der Achsen entstehen; er vergleicht den Vorgang dabei mit demjenigen, durch welchen ein Eisendraht durch mehrmaliges Hin- und Herbiegen bricht, indem er annimmt, daß die Erschütterungen unter Einwirkung der Wagenlast solche Biegungen hervorbringen.

Arnour hat sehr ähnliche Beobachtungen an den Wagen der französischen Messagerien angestellt; er folgert aus diesen Beobachtungen:

1) Der Gebrauch verändert die Beschaffenheit der Achse und macht sie brüchig.
2) Ohne die Dauer einer Achse genau zu bestimmen, kann man als niedrigste Grenze 70000 Kilometer (etwa 9300 preuß. Meilen) annehmen.
3) Das Gewicht einer Achse kann auf $1/_{35}$ bis auf $1/_{40}$ der von ihr zu tragenden Last geschätzt werden.
4) Bei der Form der Achse sind plötzliche Veränderungen in den Dimensionen zu vermeiden.
5) Scharfe, einwärts gehende Winkel sind zu vermeiden, namentlich an dem Anfang der Achsschenkel, da diese gerade an dieser Stelle leicht brechen.
6) Das sicherste Mittel zur Herstellung des Gefüges der Achse ist das Umschmieden derselben; hierdurch werden nach Arnour die Achsen wieder wie neu.

Gegen die Beobachtungen von Marcour und Arnour könnte man einwenden, daß dieselben an Wagenachsen angestellt sind, die im Allgemeinen keine Torsion auszuhalten haben, da die Räder sich auf den Achsen frei drehen können und daß es sich ganz anders verhalten könne mit den Achsen der Eisenbahnwagen,

welche nicht allein in den Kurven, sondern namentlich bei dem Bremsen bedeutende Torsionswiderstände und zugleich Stöße zu erleiden haben. In dieser Beziehung ist eine Reihe von Versuchen von großem Interesse, welche von Karl Kohn angestellt worden sind und welche von W. Engerth in der Zeitschrift des österreich. Ingenieur-Vereins (1851. Novbr. 5. S. 34) mitgetheilt werden *). Diese Versuche hatten unmittelbar den Zweck den Einfluß der Torsion auf Eisenstäbe zu ermitteln, wenn diese zugleich Stößen ausgesetzt sind.

In dieser Absicht wurde eine Welle, von 21 bis 22 Linien dick, vom besten steyerischen Rundeisen parallel zu einer Mahlspindel, an welcher ein Dreischlag (eine Scheibe mit drei sägeförmigen Zähnen oder Daumen) steckte, so befestigt, daß die Zähne des letztern die Welle fortwährend Stößen und Torsionen aussetzten. Zu diesem Zwecke war das untere Ende der Welle rechtwinklig umgebogen und in einem Lager festgeschraubt und das obere Ende oberhalb eines Halslagers nach der entgegengesetzten Seite rechtwinklig umgebogen und zu einem Schlageisen oder Arme ausgeschmiedet, welcher sich in Folge der Torsionselasticität der zu prüfenden Welle an die Zähne des Dreischlags anlegte. Die Welle, deren vertikaler Theil ungefähr 30 Zoll lang war, war nämlich so eingespannt, daß sie immer durch das Aufliegen des Schlageisens auf den Dreischlag um einen Winkel von ungefähr 14 Grad verdreht war und daß bei einer Umdrehung der Mahlspindel durch den Daumen des Dreischlags eine weitere Verdrehung bis auf 24 Grade eintrat, welche, wie man sieht, immer größer war, als die zulässig erkannte Torsion bei Schmiedeeisen ist. Wenn daher die Spindel sich nach einer bestimmten Richtung drehte, so wurde bei jeder Umdrehung durch den Daumen des Dreischlags und dem auf demselben aufliegenden Schlageisen die Welle, welche am untern Ende fest war, um den Winkel von 10 Graden weiter verdreht und erlitt beim Abfallen des Schlageisens von dem Daumen eine Erschütterung, und die Verdrehung, verbunden mit einem Stoße, fand bei jeder Umdrehung, da drei Daumen vorhanden waren, auch dreimal statt. Gleichzeitig wurde mit der Spindel ein Zählapparat so in Verbindung gebracht, daß man zu beliebigen Zeiten die Anzahl der Verdrehungen und Stöße zählen konnte. Auf die eben beschriebene Weise wurden nun mehrere solcher Wellen angefertigt und nacheinander folgend durch verschiedene Zeiten zum Versuch gebracht, von welchem hier die Resultate nachstehender 7 Versuche angeführt werden:

1) Nach einstündiger Einwirkung des Dreischlags, d. i. bei 10800 Umläufen oder 32400 Schlägen wurde die Welle herausgenommen und in der Mitte mittelst einer hydraulischen Presse abgebrochen, wobei an der Textur des Eisens keine Veränderung wahrzunehmen war. Ebenso konnte an dem ebenfalls abgebrochenen Schlageisen keine Veränderung des Gefüges erkannt werden.
2) Nach vierstündiger Einwirkung des Dreischlags eines neuerdings eingespannten Rundeisens, d. i. nach 129600 Torsionen, war an dem wieder mittelst einer hydraulischen Presse erzeugten Bruche in der Mitte mit freiem Auge ebenfalls noch keine Texturveränderung wahrzunehmen, unterm Mikroskop jedoch

*) Vergl. auch Polytechnisches Centralblatt 1851. S. 821.

erschienen die Fasern sehr unterbrochen und als ein Aggregat von sehr kurzen Nadeln.

3) Nachdem ein neu eingelegtes Rundeisen neuerdings während 12 Stunden, d. i. 388800 mal der Torsion ausgesetzt und sonach wieder in der Mitte gebrochen wurde, war bereits mit freiem Auge eine Texturveränderung und ein gröberes Korn sichtbar. Der Bruch des Schlageisens zeigte keine Veränderung der Textur.

4) Nach einer während 120 Stunden, d. i. 3888000 mal stattgehabten Torsion wurde die Welle wieder und zwar nicht nur in der Mitte, sondern auch an mehreren Stellen gebrochen und zeigte an allen Bruchstellen bis zum Fuße eine merkliche Texturveränderung. In der Mitte war diese am auffallendsten, der Bruch war grobkörnig wie von minder gutem böhmischen Eisen und die Texturveränderung nahm gegen das untere Ende ab. An dem abgebrochenen Schlageisen war noch keine Veränderung wahrzunehmen.

5) Nachdem die Welle während 720 Stunden oder 23328000 Schlägen ausgesetzt war, war die Textur im ganzen Stabe in der unter 4) angeführten Vertheilung verändert. In der mittleren Bruchstelle war das Gefüge grob krystallinisch, jedoch nur wenig schuppig. Das abgebrochene Schlageisen zeigte wie beim Versuche 4) keine Texturveränderung.

6) Nach 10 Monaten, während welcher Zeit die Welle 78732000 mal der Torsion und den Stößen ausgesetzt war, zeigte die bei jedem Versuche mittelst einer hydraulischen Presse erzeugte Bruchfläche eine bedeutende Texturveränderung. Das Gefüge der Bruchfläche in der Mitte der Stange war auffallend breitschuppig, wie bei gebrochenem Zink; bei den Bruchstellen des Schlageisens jedoch war auch diesmal die Texturveränderung nur unbedeutend und gleich der eines Eisens von feinem Korn.

7) Nach 13 Monaten stattgehabter Einwirkung der Torsion bei 128304000 Schlägen, war der Bruch der Welle so wie beim Versuche 6); der Bruch des Schlageisens zeigte ein mehr grobkörniges Gefüge. Die Texturveränderung ist so bedeutend, die Krystalle so scharf und begrenzt, daß es ganz das Aussehen vom Schmiedeeisen verloren hat.

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, welchen großen Einfluß die Torsion auf die Texturveränderung des Eisens übt, und aus der geringen Texturveränderung des Schlageisens, daß der Einfluß von Schlägen, welche senkrecht auf die Längenrichtung stattfinden, von sehr geringem Einflusse ist.

Herr Kohn untersuchte auch die Brüche von Claviersaiten und die Spindel von der Hemmung einer alten Uhr, welche ein mit obigen Versuchen ganz übereinstimmendes Resultat ergaben. Er untersuchte nämlich unterm Mikroskop den Bruch einer bei einem Fortepiano jahrelang benutzt gewesenen Saite auf der Stelle des aufschlagenden Hammers und an dem auf dem Stimmnagel aufgewundenen Drahte und fand keinen Unterschied, obgleich die Saite viel Millionenmale durch den auf die Längenrichtung auffallenden Hammer vibrirte; währenddem bei der Untersuchung einer ungehärteten Lappenspindel bei einer alten Uhr, bei welcher angenommen werden kann, daß in einem Zeitraume von 10 Jahren dieselbe

mindestens 550000000 Torsionen erlitten hat, der in der Mitte der Spindel unterm Mikroskop beobachtete Bruch ein Gefüge zeigte, ähnlich dem von aufeinander gelagerten Silberplättchen, wonach sich schließen ließe, daß selbst eine so geringe Torsion mit Stößen, als sie bei der Hemmung einer Uhr ist, in der Länge der Zeit eine Texturveränderung zu bewirken vermag.

Eine sehr interessante Beobachtung, welche mit den von Herrn Kohn gemachten Versuchen ganz übereinstimmt, wurde von Herrn Haswell, Direktor der Wien-Gloggnitzer Maschinenfabrik, an der Welle eines Schwanzhammers gemacht. Bei dem von der Dampfmaschine betriebenen gewöhnlichen Schwanzhammer ist nach kurzem Gebrauche von nicht 3 Monaten die Daumenwelle, welche an einer Seite mit dem Getriebe und in der Mitte mit der Daumentrommel versehen war, plötzlich abgebrochen und der Bruch zeigte ein äußerst grobkörniges Gefüge. Der Bruch wurde der schlechtern Qualität des Eisens zugeschrieben und eine neue Daumenwelle von zähem Neuberger Eisen (eine Locomotivachse) angefertigt. Nach Verlauf von ungefähr 4 Monaten jedoch brach auch diese Achse und der Bruch war wieder auffallend stark krystallinisch, in welchem nach der Versicherung des Herrn Haswell Krystalle bis $^1/_4$ Zoll groß vorkamen. Durch diese Beobachtung veranlaßt, wurde eine neue Welle von Gußeisen eingelegt, welche nun gut aushielt. Bei dieser kurzen Welle, welche in zwei Lagern lag und durch den Schlag der Daumen auf den Prellring einerseits, und die auf das Getriebe übertragene Betriebskraft bei jedem Daumenschlag eine Torsion und zugleich einen Stoß erhielt, geschah offenbar dasselbe, was bei den unter 1 bis 7 angeführten Versuchen bewirkt wurde, und der wiederholt stattgehabte Bruch bestätigt, daß bei wiederholter Torsion und Stößen das Gefüge des Eisens verändert wird.

Ebenso wichtig und besonders bemerkenswerth sind aber die Versuche, welche Herr Kohn mit dem auf die oben angeführte Weise veränderten Schmiedeeisen machte. Es wurden nämlich diese Eisenstücke vorsichtig ausgeglüht und neuerdings gebrochen, die Textur des Eisens aber unverändert gefunden, ja selbst ein Ueberschmieden des Eisens konnte das grobe Korn nicht mehr entfernen. Nach Ausstrecken des Eisens zeigte die Bruchfläche immer wieder das grobe Korn und nur bei Anwendung der Schweißhitze konnte eine günstige Veränderung der Textur erzielt werden. — Daraus würde aber zu folgern sein, daß, wenn die Achsbrüche bei Eisenbahnen wirklich in Folge der stattfindenden Torsion verbunden mit Stößen eintreten, auch das als Mittel zur wieder brauchbaren Herstellung älterer Achsen angerathene Ausglühen derselben fruchtlos sei.

Aus allen diesen Versuchen folgt ganz unzweifelhaft:

daß die Festigkeit des Eisens, wenn dasselbe wiederholten Erschütterungen und Stößen ausgesetzt ist, sich mit der Zeit wesentlich vermindere, selbst wenn diese Stöße und Erschütterungen einzeln von geringer Erheblichkeit sind und daß sich die Verminderung der Festigkeit zuerst durch feine Risse und Sprünge an der Oberfläche zu erkennen gebe.

Es kann dabei für den Erfolg von keiner großen Erheblichkeit sein, ob man diese Verminderung der Festigkeit durch eine entstehende Veränderung der Textur,

oder ob man sie auf andere Weise zu erklären sucht. Jedenfalls ist es aber von Wichtigkeit, solche Risse und Sprünge bei Zeiten zu erkennen.

Zu diesem Zweck hat man vorgeschlagen und auch in Ausführung gebracht, von Zeit zu Zeit die Eisenbahnwagenachsen an den gefährlichen Stellen zu untersuchen, indem man diese Stellen polirt und mit einer Säure anätzt, wobei die Risse sich deutlich markiren, oder indem man die Stellen auch nur mit einer guten Loupe betrachtet, nachdem sie metallisch rein hergestellt worden sind. Noch andere Techniker verlangen, daß zur Sicherheit des Betriebes unter allen Umständen jede Achse eines Eisenbahnfahrzeuges ausgewechselt werden solle, wenn dieselbe eine bestimmte Meilenzahl zurückgelegt hat. Man hat diese Meilenzahl für schmiedeeiserne Achsen auf 20000, für stählerne Achsen auf 50000 zu normiren vorgeschlagen.

Wenden wir uns nun schließlich zu einer anderen Ursache, welche wesentlich die Festigkeit des Eisens, insonderheit des Gußeisens und des Gußstahls beeinträchtigt. Dies ist die ungleichmäßige Abkühlung gegossener Stücke und die dadurch bedingte Spannung und das Saugen in den Gußstücken.

Wenn das Gußeisen erstarrt, so dehnt es sich zwar, wie schon in §. 14 erwähnt worden, aus, aber vor dem Erstarren und nach dem Erstarren bei zunehmender Abkühlung zieht es sich zusammen. Sind nun in einem Gußstück Theile vorhanden, welche früher erstarren als andere Theile, die mit diesen zusammenhängen, so können dieselben der Zusammenziehung des später oder langsamer sich abkühlenden Eisens nicht frei folgen, sie bleiben gleichwohl mit denselben im Zusammenhange und werden dann durch den Druck, welchen das später abkühlende Eisen auf die bereits erstarrten Theile ausübt, indem es dieselben entweder nachzieht, oder zusammendrückt oder verbiegt, in einen ähnlichen Zustand der Spannung versetzt, als ob sie durch Gewichtsbelastung oder durch andern Druck in gleicher Weise auf absolute, rückwirkende, relative u. s. w. Festigkeit in Anspruch genommen würden. Man bezeichnet diesen Zustand ganz richtig mit dem Ausdruck „das Gußstück besitze Spannung.“ Natürlich ist dann nun noch ein Belastungszuwachs dieser in Spannung befindlichen Theile nöthig, der gleich der Differenz zwischen der Festigkeit und der bereits bestehenden Spannung ist, um die vollständige Zerstörung des Zusammenhanges herbeizuführen. Solche in Spannung befindlichen Gußstücke haben also eine Verminderung der Belastungsfähigkeit um den Betrag der Spannung erlitten. Oft ist diese Verminderung so beträchtlich, daß nur ein geringer Stoß oder Schlag, oder eine sehr geringe Belastung erforderlich ist, um die Zerstörung herbeizuführen. Ja, zuweilen ist die Spannung wohl so bedeutend, daß sie die Festigkeit des Materials an und für sich schon übersteigt, und dann platzt, reißt oder bricht das Gußstück blos durch die Abkühlung oder es zeigt nach dem Erkalten Risse und Sprünge. Will man diese Spannung im Gußstück vermeiden, so kann man dazu im Allgemeinen folgende Mittel anwenden:

1) Richtige Formgebung der einzelnen Theile, möglichst gleichförmige Vertheilung des Materials, Vermeidung aller plötzlichen Querschnitts-Verän-

derungen in ein und demselben Theile oder in angrenzenden Theilen des zu gießenden Stückes, Vermeidung aller scharfen Einbiegungen und Anordnung allmähliger und abgerundeter Uebergänge.

2) Sorgfältige Leitung der Abkühlung in der Form und nach dem Gusse, indem man die Theile, welche das Eisen in größern Massen enthalten, früher von dem Formsande befreit als die andern Theile, welche dünner sind, indem man nach dem rothen Schein des glühenden Eisens den Fortschritt der Abkühlung beobachtet und da wo dieser zu schnell ist, ihn durch Bedecken der Theile mit Sand, oder durch Anwärmen derselben mäßigt.

3) Anordnungen von Durchbrechungen an passenden Stellen und Vermeidung solcher Formen, welche nicht leicht nachgeben können in allen Theilen, welche schneller abkühlen. Also z. B. Anordnung gekrümmter Radarme, Wahl einer ungeraden Anzahl von Radarmen, wenn dieselben symmetrisch gestellt sind, Theilung des Stückes in solche Theile, welche frei der Zusammenziehung folgen können.

4) Zerschneiden des gegossenen Stückes, welches Spannung hat, an passenden Stellen, so daß die Spannung aufgehoben wird, indem sich die Theile nun frei zusammenziehen oder ausdehnen können. So schneidet man große Ringstücke, z. B. Schwungräder, Ringe zu Drehscheiben ꝛc. an einzelnen Stellen radial auf, die Segmente des Kreises ziehen sich zusammen und bilden nicht selten Fugen von beträchtlicher Weite; diese Fugen werden dann durch eingesetzte Stücke ausgefüllt, oder mit Blei vergossen und demnächst die Theile nach Erfordern befestigt.

Von der Spannung, die ein Gußstück in der angedeuteten Weise erhalten kann, ist die Erscheinung des Saugens zu unterscheiden. Hat man sehr massive Gußstücke, z. B. massive Wellen, schwere Cylinder zu hydraulischen Pressen, kurz und gut Stücke, welche sehr große Metallstärken haben, so kommt es vor, daß die äußern Begrenzungsflächen des Metalls abkühlen, fest werden, sich zusammenziehen, während das Eisen zwischen denselben im Innern noch flüssig bleibt; wenn nun dies auch allmählig abkühlt, schließt es sich den früher erkalteten Wandungen an, zieht sich zusammen, und nun fehlt, nachdem das Eisen hierdurch sein Volum vermindert hat, im Innern Material, um das von den festgewordenen Außenflächen begrenzte Volum mit Eisen auszufüllen. Entweder tritt nun durch einen gewöhnlichen Saugeprozeß aus einem benachbarten Theil des Gußstückes noch flüssiges Eisen in die entstandene luftleere Höhlung und zieht sich also von diesem Theil fort, oder, wenn kein solch disponibles Eisen vorhanden ist, so bleibt in dem Innern der Wandung eine drusenförmige Höhlung, in welcher nicht selten grobkörnige Eisenkrystalle ohne alle Festigkeit anschießen. Hierdurch muß natürlich die Festigkeit des Gußstücks wesentlich vermindert werden.

Das Saugen des Eisens zu vermeiden, wendet man folgende Mittel an:

1) Zweckmäßige Anlage der Eingußöffnungen und Offenhalten derselben während das Eisen sich abkühlt. Man kann dann noch während des Abkühlens des Eisens Material nach und nach zufüllen, um das Volumen zu ergänzen.

2) Anordnung von besondern Theilen, aus welchen das Eisen bei dem Nachsaugen ohne Nachtheil für das Gußstück entnommen werden kann. Dahin gehören z. B. die sogenannten verlornen Köpfe, welche man beim Gießen der Wellen, Walzen und anderer Stücke anwendet, und welche dann später von dem Gußstück getrennt werden.

§. 37.

Charakteristische Eigenschaften des Stahls, Verfeinern des Stahls durch Gerben und Umschmelzen.

Wir haben schon oben (§. 23) gesehen, daß der Stahl aus Eisenkohlenstoff-Verbindungen bestehe, welche geringere Kohlenstoffmengen enthalten ($^2/_3$ bis 2 Procent) als das Roheisen (2 bis 6 Procent), und größere als das Schmiedeeisen ($^1/_2$ bis $^2/_3$ Procent). Der Stahl bildet also eine Mittelstufe zwischen dem Roheisen und dem Schmiedeeisen und vereinigt daher Eigenschaften, die theils dem Roheisen, theils dem Schmiedeeisen zukommen.

Zu diesen gehört:

1) Der Stahl ist bei einem Temperaturgrade (150 Grad Wedgwood) schmelzbar, welcher zwar den des Roheisens übersteigt, aber weit unter dem des Schmiedeeisens liegt. Man kann daher Stahl in Formen gießen.
2) Die Schweißhitze des Stahls (s. S. 151) liegt weit genug von seinem Schmelzpunkt entfernt, so daß man den Stahl auch schweißen kann. Nur bei einigen Stahlsorten, namentlich bei den kohlenstoffreicheren, fallen Schweißhitze und Schmelzpunkt so nahe zusammen, daß es nur bei sehr großer Uebung, und oft doch noch höchst unvollkommen gelingt eine Schweißung herbeizuführen.
3) Die meisten Stahlarten lassen sich mit Schmiedeeisen zusammenschweißen, nur bei einzelnen liegt die Schweißhitze des Stahls und des Schmiedeeisens so weit auseinander, daß diese Operation nicht leicht ausführbar ist.
4) Der Stahl läßt sich hämmern, schmieden und strecken, und dies Alles um so leichter, je mehr er sich dem Schmiedeeisen nähert, und um so schwerer, je mehr er sich dem Gußeisen nähert.

   Der Stahl hat einen Bruch, dessen Farbe der des Schmiedeeisens ähnlich ist, dessen Gefüge aber stets dem des Gußeisens ähnlicher ist, indem selbiges niemals sehnig, sondern stets körnig, bei gutem gehärteten Stahl sehr feinkörnig, bei ungehärtetem oder schlechterem Stahl grobkörnig ist.
5) Der Stahl ist härter als das Schmiedeeisen und übertrifft an Härte unter Umständen das härteste weiße Spiegeleisen.
6) Der Stahl erleidet wie das Roheisen (siehe S. 73), wenn er aus einer hohen Temperatur plötzlich abgekühlt wird, Textur- und Härte-Veränderungen, indem die Textur feiner und die Härte viel größer wird; die entgegengesetzte Veränderung wird erreicht, wenn man den Stahl aus einer höheren Temperatur allmählig abkühlt; er wird dann, wenn er zuvor

hart war, wieder weich und von weniger dichtem Gefüge. Man nennt die erste Operation das „Härten des Stahls", die andere das „Nachlassen oder Ablassen des Stahls."

7) Die absolute Festigkeit des ungehärteten Stahls ist größer als die des Schmiedeeisens, die des gehärteten Stahls aber geringer als die des Schmiedeeisens. Alle andere Festigkeiten, namentlich die rückwirkende und die Torsionsfestigkeit sind bei ungehärtetem Stahl größer als beim Schmiedeeisen, und steigern sich, wenn der Stahl bis zu einem gewissen Grade gehärtet wird. Bei den höchsten Härtegraden ist dagegen der Stahl spröde und leicht brüchig.

8) Die Elasticität des Stahls ist beträchtlich größer als die des Schmiedeeisens, selbst wenn der Stahl sich in ungehärtetem Zustande befindet. Bei einem gewissen Härtegrade ist die Elasticität des Stahls außerordentlich groß, die Grenze der vollkommenen Elasticität wird sehr weit hinausgerückt, und der Stahl gehört in diesem Zustande zu den am meisten elastischen Körpern. Dieser Härtegrad wird die „Federhärte" genannt.

Als Kennzeichen des guten Stahls verlangt man folgende Haupteigenschaften:

1) Der Stahl muß frei sein von allen Blasen und Adern.
2) Der Stahl muß ein durchweg gleichförmiges und feinkörniges Gefüge haben.
3) Der Stahl muß sich bei einer möglichst geringen Hitze vollkommen gut härten lassen.

Diese drei Eigenschaften bilden die hervorragendsten Kennzeichen eines guten Stahls, und schließen fast alle andern guten Eigenschaften mit ein.

Darstellungsweise des Stahls.

Da der Stahl aus Eisenkohlenstoff-Verbindungen besteht, die eine Mittelstufe zwischen dem Schmiedeeisen darstellen, so liegt es in der Natur der Sache, daß man den Stahl auf dreierlei Weise erzeugen kann.

1) Indem man dem Roheisen einen angemessenen Theil Kohlenstoff entzieht.
2) Indem man dem Schmiedeeisen einen angemessenen Gehalt an Kohlenstoff hinzufügt.
3) Indem man Roheisen und Schmiedeeisen, also Eisen, welches einen höhern Kohlenstoffgehalt hat, als der Stahl, und solches, welches einen geringern Kohlenstoffgehalt hat als der Stahl, in solcher Weise vereinigt, daß das Produkt Stahl wird, d. h. einen Kohlenstoffgehalt besitzt, der zwischen beiden liegt.

Alle drei Wege zur Erzeugung von Stahl sind üblich, aber auf beiden gelangt man meist zu einem ziemlich ungleichförmigen Produkt, das die oben angeführten Kennzeichen des guten Stahles nicht besitzt. Man nennt dies Produkt im Allgemeinen rohen Stahl oder Rohstahl und unterwirft selbigen einer weitern Bearbeitung, um ihn zu einem gehörig homogenen und gleichför-

migen Körper zu machen. Auch in dieser Beziehung hat man zwei Wege, die beide darauf hinzielen, eine innige Mischung der Atome herbeizuführen. (Vergl. den vorigen Paragraphen). Diese sind entweder:

a) Man schmiedet und reckt den Stahl zu dünnen Stäben aus, die man dann in kürzere Stücken zerschlägt und auf einander schweißt; diese Operation, welche man das Gerben oder Raffiniren des Stahls nennt, wird mehrere Male wiederholt, oder

b) man schmelzt den Stahl in Tiegeln und gießt ihn in kurze dicke Barren, welche demnächst ausgereckt und ausgeschmiedet werden.

Der durch das erstgenannte Verfahren erzeugte Stahl heißt Gerbstahl oder raffinirter Stahl, der durch das zweite Verfahren erzeugte Stahl aber Gußstahl. Man kann jedes der beiden Verfahren, das Gerben sowohl, wie das Schmelzen, sowohl für den aus Roheisen hergestellten Stahl, als auch für den aus Schmiedeeisen hergestellten Rohstahl anwenden (s. oben).

Das Gerben des Stahls geschieht zwar zuweilen mit Handhämmern, in der Regel aber und im größern Maaßstabe unter Schwanzhämmern. Die Stahlstäbe werden zu $1\frac{1}{2}$ Zoll breiten, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien-dicken, etwa 2 Fuß langen Stäben (Schienen) ausgeschmiedet, welche Operation man das Plätten des Stahles nennt; solche Schienen legt man 6 bis 8, auch noch mehr, auf einander, bildet so ein Packet (Garbe oder Zenge) und schweißt dasselbe zusammen, worauf man es zu einem quadratischen Stabe ausstreckt. Dies ist einmal gegerbter Stahl, wird die so erhaltene Stange in der Mitte durchgehauen und noch einmal die beiden Hälften auf einander geschweißt, so nennt man den Stahl zweimal gegerbt, und endlich wiederholt man dieselbe Operation wohl zum dritten Male. Bei jedem einzelnen Gerben gehen etwa 6 bis 12 Procent Stahl durch Abbrand verloren, und werden auf je 100 Pfund Stahl etwa 120 Pfund Steinkohlen verbrannt.

Mit dem Gerben des Stahls eine gewisse Aehnlichkeit besitzt ein Verfahren, welches man jedoch wohl davon zu unterscheiden hat; dies ist das Damasciren des Stahls, eine Operation, welche wesentlich zur Verzierung des Stahls und meist zur Herstellung gewisser Waffen aus Stahl dient.

Das Damasciren des Stahls besteht darin, daß man dünne Stahlstückchen der Länge nach mit dünnen Eisenstäbchen zusammenschweißt, den erhaltenen Stab durchhaut, und die Operation nochmals wiederholt, dann den Stab sehr ausreckt, spiralförmig windet, wieder zusammenschlägt und die Windungen an einander schweißt, und so fort. Wenn man nachher die von Fett gereinigte Oberfläche mit einer schwachsauren Flüssigkeit (30 Volumtheile Essig und 1 Volumtheil Scheidewasser) ätzt, so zeigt sich eine eigenthümliche Zeichnung *) der Damast, oder die Damascirung.

Die Verbesserung des rohen Stahls, indem man ihn umschmelzt und dadurch Gußstahl bildet, wurde von Huntsmann **) in England zuerst im

*) Ausführlicheres hierüber s. Mech. Tech. I. S. 31.

**) Benjamin Huntsmann, geboren 1704 in Yorkshire, gestorben 1776 auf seinem Werk zu Attercliffe bei Sheffield.

Großen ausgeübt, daher auch der Name Huntsmann-Stahl; seitdem aber ist dieselbe außerordentlich verbreitet, und es wird gegenwärtig viel mehr Gußstahl als gegerbter Stahl erzeugt. Der zu schmelzende rohe Stahl wird in Brocken zerschlagen und in Schmelztiegeln aus dem besten feuerfesten Thon (Stourbridge Thon geschmolzen. Dieser Thon zeichnet sich durch einen sehr großen Gehalt an Aluminium aus, und dadurch, daß er ganz frei selbst von Spuren alkalischer Erden und Metalloxyde ist; er enthält gleichwohl eine kohlenstoffhaltige brennbare Masse, welche bei der Analyse in geschlossenem Gefäße ein Rückstand an Kohlenstoff giebt. Die Analyse des Stourbridge Thons ergab:

Silicium (Kieselerde)	0,461
Aluminium (Thonerde)	0,388
Wasser und flüchtige brennbare Stoffe	0,128
Kohlenstoff als Rückstand bei der Calcination in geschlossenem Gefäße	0,015
Summa	0,992

Die Tiegel werden in Schmelzöfen eingesetzt, welche durch natürlichen Luftzug mittelst Kokes oder Steinkohlen geheizt werden; nachdem sie glühend geworden sind, bringt man den zu schmelzenden Stahl (etwa 28 bis 36 Zollpfund in jeden Tiegel) ein, und deckt den Tiegel mit einem Deckel von feuerfestem Thon zu. Vier bis fünf Stunden nach Einbringung des Stahls pflegt die Schmelzung vollendet zu sein, die Tiegel werden aus dem Ofen genommen, und der geschmolzene Stahl wird in Formen von Gußeisen gegossen. Diese Formen haben die Gestalt kurzer dicker Barren, sie bestehen aus zwei mit einander wohl verankerten Hälften, die man nach dem Erkalten des Stahls auseinander nehmen kann, um das gegossene Stahlstück herauszunehmen. Dieses wird nun unter Hämmern (meist kräftigen Dampfhämmern) ausgestreckt und in die beabsichtigte Form geschmiedet.

Nach jedem Guß werden die Tiegel wieder in den Ofen eingesetzt, und nachdem sie wieder die gehörige Temperatur erlangt haben, ladet man sie von Neuem.

Ungeachtet des sehr feuerfesten Thones, den man zu den Schmelztiegeln verwendet, halten die Tiegel selten mehr als drei, höchstens vier Schmelzungen aus, und müssen dann durch neue ersetzt werden. Zwar sind die Tiegel nach der dritten Schmelzung noch nicht zerstört, indessen wagt man selten ihnen noch eine vierte Schmelzung anzuvertrauen, weil man dann Gefahr läuft, daß dieselben springen und der Inhalt verloren geht oder verdorben wird. Der Thon wird nämlich durch die außerordentliche Hitze wesentlich verändert, er wird dichter, spröder und zieht sich ganz außerordentlich zusammen. Die hierdurch bewirkte Raumverminderung des Tiegelinhaltes ist mit ein Grund, weshalb man die Anzahl der in einem Tiegel vorzunehmenden Schmelzungen zu beschränken genöthigt ist. Le Play hat beobachtet, daß ein Schmelztiegel, welcher in lufttrockenem Zustande 8,85 Liter (0,286 Kubikfuß preuß.) faßte, nach dem dritten Schmelzen, wobei er im Uebrigen sich ganz gut gehalten hatte, seinen Inhalt bis auf 6,30 Liter (0,205 Kubikfuß preuß.) vermindert hatte. Der Rauminhalt

des geschmolzenen Stahls nimmt freilich nicht mehr als etwa 1,75 Liter (0,058 Kubikfuß) ein, allein die Stahlstücke und die Brocken, welche eingesetzt werden, füllen im ungeschmolzenen Zustande ein weit größeres Volum aus, und deshalb muß man bei der zweiten und dritten Schmelzung die Quantität des eingesetzten Stahls allmählig der Inhalts-Verminderung des Tiegels entsprechend von 36 auf 32 und auf 28 Pfund vermindern.

Der Verbrauch an Kokes zum Schmelzen von 100 Pfund Gußstahl beträgt etwa das Zwei- bis Dreifache des Gewichtes, also 200 bis 300 Pfund.

Bei dem Schmelzen des Stahls in dem Schmelzofen, pflegt man auch wohl mancherlei Zusätze zu dem Rohstahl in die Schmelztiegel einzusetzen, um dadurch die Qualität des Stahls zu verbessern. Talabot und Stirling ließen sich im August 1853 ein Verfahren in England patentiren, um durch Zusätze bei der Schmelzung des Gußstahls die Qualität desselben zu modifiziren. Hierher gehört ein Zusatz von Eisenoxyd (Magnet-Eisenstein) von 1 bis 4 Procent vom Gewichte des Stahls, um den Ueberschuß an Kohlenstoffgehalt zu beseitigen; zu gleichem Zweck wenden dieselben $\frac{1}{2}$ bis 2 Procent vom Gewicht des Stahls Kalkzusatz an. Ein Zusatz von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Procent vom Zinnoxyd soll die Qualität eines zu wenig Kohlenstoff enthaltenden Stahls wesentlich verbessern, und den weichen Stahl nach der Menge des angewandten Zinnoxyds härter machen, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Procent vom Gewichte des Stahls an Zinnoxyd soll den Stahl zäher machen.

Ebenso wenden dieselben $\frac{1}{4}$ bis 1 Procent Baryt oder kohlensaures Baryt an, doch wird nicht gesagt zu welchem Zwecke. Die Zusätze werden entweder gleich Anfangs mit in den Tiegel gebracht, oder später, wenn der Stahl schon teigartig geworden ist. — Zusätze von Braunstein (Mangan-Ueberoxyd) und Kohle in den Schmelztiegeln sind schon früher als Mittel zur Verbesserung des Gußstahls angewandt worden. Hierauf beruht Heath's Patent, welcher 1 bis 3 Procent Kohlenstoff-Mangan in die Schmelztiegel einsetzt, wodurch die Qualität des Gußstahls außerordentlich verbessert werden soll.

Nachdem wir in Vorstehendem die Methode kurz beschrieben haben, durch welche der im Handel vorkommende Stahl die letzte Zubereitung erlangt, bevor er zur weitern Verarbeitung zu Maschinentheilen bestimmt wird, haben wir noch nachzuholen, wie man den rohen Stahl herstellt, welcher der einen oder der andern dieser Methoden unterworfen werden soll. Wir haben auf S. 239 gesehen, daß dieser Stahl entweder aus Roheisen oder aus Schmiedeeisen gewonnen werden kann.

§. 38.

Gewinnung des rohen Stahls aus Roheisen.

Da die Gewinnung des Stahls aus Roheisen nur darauf beruht, daß man dem Roheisen einen Theil seines Kohlenstoffs entzieht, so liegt nah, daß man im Allgemeinen dieselben Verfahrungsarten wird anwenden können, welche zur Dar-

stellung des Schmiedeeisens aus Roheisen dienen; man hat nur den Prozeß in dem geeigneten Zeitpunkt zu unterbrechen, um nicht durch eine zu weit getriebene Entziehung des Kohlenstoffs anstatt Stahl, Schmiedeeisen zu erhalten. In der That wendet man zur Darstellung des Stahls sowohl den Frischprozeß (Stahlfrischen, Stahlzerrennen) als auch den Puddelprozeß, als auch endlich jede andere Methode, den Kohlenstoff aus dem Roheisen zu entfernen, namentlich neuerdings das Bessemer'sche Verfahren an.

a) das Stahlfrischen.

Zum Stahlfrischen nimmt man möglichst stahlartiges Roheisen (s. §. 14) also am besten weißes Roheisen, und darunter wieder Spiegeleisen. Man wählt vorzugsweise und fast ausschließlich Roheisen, welches mit Holzkohlen erblasen ist. Das Verfahren selbst hat die größte Aehnlichkeit mit dem in §. 18. beschriebenen Frischprozeß, nur erfordert das Stahlfrischen größere Vorsicht, namentlich in der Leitung des Windes, um nicht zu viel Kohlenstoff zu verbrennen. 100 Pfund Roheisen geben etwa 66 bis 75 Pfund Rohstahl in Stäben, wobei je nach der Dicke der Stäbe für das Frischen und Ausstrecken auf 100 Pfund Stahl in Stäben 39 bis 40 Kubikfuß Holzkohlen verbrannt werden. Ein Stahlfeuer liefert wöchentlich 25 bis 50 Centner Stahl. Das zum Stahlfrischen bestimmte Roheisen ist in Barren mit Einkerbungen gegossen (Stahlkuchen), so daß man Stücke von 30 bis 50 Pfund leicht abbrechen kann. Solche Stücke oder Heitzen werden nach und nach oft 6 bis 7 nach einander, je nach dem Fortschritt, welchen der Frischprozeß macht, in das Feuer eingesetzt. Die fertig gefrischte Luppe heißt der Stahlschrei, wird unter dem Hammer gezängt, in 6 bis 8 Schirbel zerschlagen und dann werden die einzelnen Schirbel zu ³/₄zölligen Quadratstäben ausgereckt. Der durch diesen Prozeß gewonnene rohe Stahl heißt auch wohl Schmelzstahl. Der Schmelzstahl wird meistens durch Gerben, seltener durch Umschmelzen verbessert (raffinirt).

b) Das Stahlpuddeln.

Die Darstellung des Schmelzstahls durch Frischen ist jedenfalls die älteste bekannte Methode, Rohstahl aus Roheisen zu gewinnen, obwohl man schon vor der Kenntniß des Frischprozesses einen ziemlich unvollkommenen Stahl unmittelbar aus den Erzen zu gewinnen wußte (Osemundstahl) sowie man auch unmittelbar aus dem Hohofen oder dem Blauofen (Wolfsofen) ein sehr wenig kohlenstoffhaltiges und daher stahlähnliches Roheisen erhalten kann (Wilder Stahl, Willerstahl, Wolfsstahl). Sehr viel neuer, und, so weit es den Betrieb im Großen betrifft, etwa 5 bis 6 Jahre alt, ist der Prozeß des Stahlpuddelns.

Das Stahlpuddeln gewährt gegen das Stahlfrischen alle Vortheile, welche überhaupt der Puddelprozeß dem Frischprozeß gegenüber darbietet, namentlich Anwendung der Steinkohlen anstatt der Holzkohlen, schnellere Produktion und daher größere Billigkeit. Zu dem Stahlpuddelprozeß eignet sich, wie schon zum Frischen, am besten weißes Rohstahleisen und Spiegeleisen, welches mit Anwen-

dung von Kokes im Hohofen aus guten Erzen (namentlich aus Spatheisenstein) erblasen ist. Der Erfolg des Stahlpuddelns hängt dabei wesentlich von der Beschaffenheit der zugesetzten garenden Mittel ab, zu denen man im Allgemeinen Rohschlacke, Schlacke von Rohstahleisen, außerdem Braunstein und Kochsalz anwendet. Es liegt in der Natur der Sache, daß man beim Stahlpuddeln im Allgemeinen solche Zuschläge wählt, welche weniger gahrend sind, als beim Schmiedeeisen. (s. S. 88 und 93).

Die Puddelöfen sind den Oefen zum Eisenpuddeln sehr ähnlich, sie haben Essen von etwa 45 Fuß Höhe, und werden in der Herdsohle durch Wasserkanäle abgekühlt, in denen die Wassercirkulation durch Hähne regulirt werden kann. Dieser Abkühlung ungeachtet, und obgleich man das Gewölbe aus guten feuerfesten Steinen macht, ist die Dauer desselben selten länger als 14 Tage.

Die Herdsohle besteht aus Garschlacken, welche mit großer Sorgfalt nach und nach eingeschmolzen werden, indem man die von den Eisenhämmern entnommene Garschlacke in kleinen Portionen auf der Herdsohle ausbreitet, das Feuer allmählig verstärkt, bis sie eingeschmolzen ist, und dann in gleicher Weise neue Lagen Schlacke aufbringt und festschmelzt bis die Dicke der Schlackensohle etwa 5 Zoll beträgt, und bis dieselbe so weit gegart ist, daß das stärkste Feuer sie nicht mehr zum Schmelzen bringt. Gleichwohl löst sich bei den ersten Ladungen des Ofens immer noch etwas Garschlacke von der Herdsohle ab, weshalb man bei einem neuen Ofen, oder wenn man einen alten Ofen von Neuem anfeuert, die erste Ladung gewöhnlich auf Eisen, nicht auf Stahl verpuddelt.

Der Prozeß des Stahlpuddelns dauert im Ganzen etwa 2 Stunden, und zerfällt in vier Perioden:

erste Periode	vom Einsetzen bis zum Einschmelzen des Rohstahleisens	$^3/_4$	Stunden,
zweite "	der Schlackenzusatz	$^1/_4$	"
dritte "	das Garen des Stahls	$^3/_4$	"
vierte "	das Luppenmachen und die Wiederherstellung des Ofens	$^1/_4$	"
		zusammen 2	Stunden.

In der ersten Periode wird das Eisen in Brocken (Masseln) von etwa 1 $^1/_2$ Zoll Dicke in den Ofen eingesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß die Masseln eine gleichmäßige Beschaffenheit haben; der Ofen wird allmählig in der Feuerung gesteigert, die Schornsteinklappe ganz geöffnet, die Kohlenschicht auf dem Rost gehörig bedeckt erhalten, so daß kein leerer Zwischenraum entsteht, und nun die Masse in Fluß gebracht. Ist dies geschehen, so rührt man sie durch und hilft mit dem Haken einzelne noch nicht geschmolzene Stücke zerbröckeln und zertheilen, und nun beginnt die zweite Periode, die des Schlackenzusatzes. Die Schornsteinklappe wird fast ganz geschlossen, die Schlacke und die garenden Zuschläge ($^2/_3$ Kochsalz und $^1/_3$ Braunstein, auf 350 Pfund geschmolzenes Roheisen etwa 3 $^1/_2$ Pfund von diesem Pulver) werden mit der Schaufel aufgeworfen; die Masse, welche sich dadurch wieder verdickt, wird gehörig mit dem

Haken umgerührt. Die Wahl und die Menge des Schlackenzusatzes richtet sich theils nach der Beschaffenheit des Eisens, theils nach der Menge Schlacke, die noch im Ofen von dem letzten Prozeß vorhanden war, theils nach dem Hitze- und Flüssigkeitsgrade des eingeschmolzenen Roheisens, theils endlich nach der Temperatur des Ofens, wobei die Güte des Brennmaterials in der Stärke des Luftzuges von wesentlichem Einfluß sind. Sind die Zuschläge gut eingemengt und die Masse wieder steif geworden, so schließt man die Arbeitsthür, öffnet die Schornsteinklappe und steigert die Hitze, wobei die Masse wiederholt mit der Brechstange aufgebrochen und mit dem Haken umgerührt wird, und wieder in einen mehr flüssigen Zustand übergeht. Ist dies erreicht, so schließt man den Ofen, und nach etwa 5 Minuten ist die Masse wieder dickflüssig geworden. Hiernach beginnt die dritte und schwierigste Periode des ganzen Prozesses, das Garen der Masse. Während zwei Arbeiter mit dem Umrühren abwechseln, sobald ein Haken warm geworden ist, regulirt der Puddelmeister die Hitze des Ofens durch die Schornsteinklappe, durch Schüren und Reinigen des Rostes.

Hierbei ist darauf zu achten, daß wenn die Masse zu stark gart und in Schmiedeeisen überzugehen droht, die Hitze gesteigert und etwas Hammerschlag zugesetzt wird, wenn dagegen die Masse zu heiß ist und zu wenig Schlacke zugesetzt war, so gart sie nicht genug, wird dünnflüssig und droht sich ganz zu oxydiren und zu verschlacken. In diesem Falle wird die Hitze gemindert und nachträglich noch Schlacke zugesetzt. Wenn der Prozeß richtig geleitet wird, so brennt das entweichende Kohlenoxydgas in violet blauen Flämmchen aus; ist die Masse zu flüssig, so entweicht das Kohlenoxydgas mangelhaft, sondern bläht die Masse auf (die Masse treibt).

Sobald dies Treiben nachläßt, zeigen sich zunächst auf der Oberfläche der Masse Körner von Rohstahl; die Anzahl derselben wird immer größer, es schweißen die einzelnen Körnchen zu Klumpen zusammen, bis endlich alles Roheisen in Rohstahl umgewandelt ist. Der gebildete Rohstahl wird vor dem Zutritt der Luft möglichst geschützt; es beginnt die vierte Periode, die der Luppenbildung, welche vollständig mit dem Verfahren beim Eisenfrischen übereinstimmt. Man macht aus einem Einsatze von 350 Pfund etwa 5 bis 6 Luppen, jede etwa zu 65 Pfund. Ist die erste Luppe fertig, so wird sie herausgezogen und unter einem Dampfhammer, oder unter einem Aufwerfhammer, welcher bei einem Gewicht von 700 Pfund etwa 125 Schläge in der Minute macht, gezängt. Mittlerweile wird die folgende Luppe formirt und in gleicher Weise fortgefahren.

Das Luppenmachen und das Zängen müssen möglichst beeilt werden, weil die Masse in der letzten Zeit sehr schnell gart; man muß daher mit möglichst geschlossener Essenklappe arbeiten. — Nach Vollendung der letzten Luppe wird der Ofen für die neue Ladung wieder hergestellt.

Die Essenklappe wird geöffnet, die zerstreuten Stahlbrocken werden gesammelt und herausgeschafft, die zurückgebliebene Schlacke wird mit Wasser oder durch Zusatz kalter Hammerschlacke abgekühlt, und die etwa überflüssige Schlacke abgestochen. Ist der Ofen wieder in Ordnung, so beginnt der Prozeß auf's Neue.

Die gezängten Luppen kommen entweder sogleich in den Schweißofen

oder man hebt sie unter einer Bedeckung von Kohlenlösche, um sie warm zu erhalten, auf. Die Schweißöfen sind entweder nach Art der Flammöfen oder nach der Art der Schmiedefeuer, aber überwölbt construirt, und werden im letzten Falle durch ein Gebläse betrieben. Die Luppen werden dabei mit Kokesklein bedeckt, um sie der zu starken Einwirkung des Luftstromes zu entziehen. Nach gehörig erzeugter Schweißhitze reckt man sie unter Hämmern zu Quadratstäben von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Seite aus, und wirft sie zum Härten in's kalte Wasser. Später, am Ende jeder Schicht, nimmt man die gehärteten Stäbe aus dem Wasser und zerschlägt sie auf einer eisernen Unterlage mit Handhämmern. Diejenigen Stäbe, welche so hart sind, daß sie dabei leicht springen, bilden die erste Sorte, diejenigen, welche leicht brechen, die zweite Sorte; eine dritte, dem Schmiedeeisen sehr nahe stehende Sorte, wird aus den Stahlbrocken gebildet, die man nach Vollendung des Puddelprozesses, indem man den Ofen wieder herstellt, aus dem Ofen sammelt.

Da die Bearbeitung eines Satzes zwei Stunden dauert, so können täglich in 24 Stunden (à 2 Schichten) zweimal 6 Sätze zu 350 Pfund, also 4200 Pfund Roheisen verpuddelt werden. Dazu gehören, wenn der Ofen während der ganzen Woche (mit Ausnahme des Sonntags) im Gange ist, zwei Schichten Arbeiter; jede Schicht arbeitet 12 Stunden und besteht aus einem Puddelmeister, zwei Puddlern und zum Schweißfeuer einem bis zwei Zängern und einem Schweißer, außerdem gehören dazu ein bis zwei Tagelöhner und ein Junge.

An Abbrand und Verlusten kann man 20 Procent des eingesetzten Roheisens rechnen, und zwar 9 Procent im Puddelofen und 11 Procent beim Schweißen und Ausrecken. Von den 4200 Pfund Roheisen erhält man also täglich 3360 Pfund Puddelstahl, und zwar etwa 2620 Pfund oder 78 Procent Puddelstahl erster Sorte und 740 Pfund oder 22 Procent Puddelstahl zweiter und dritter Sorte.

An Steinkohlen sind erforderlich auf 1000 Pfund fertigen Puddelstahls:

zum Puddeln	4,2 Tonnen	=	1848 Pfd.
„ Schweißen	0,8 „	=	352 „
zusammen	5,0 Tonnen	=	2200 Pfd.

Die Herstellungskosten des Puddelstahls betrugen in einer westfälischen Hütte, welche sonst nur Schmelzstahl in Frischfeuern producirt hatte, nicht ganz 75 Procent der Herstellungskosten des gefrischten Schmelzstahls.*)

Der gepuddelte Stahl wird entweder zu Gußstahl umgeschmolzen, oder er wird durch Gerben verbessert, oder auch wohl als geringere Qualität ohne Weiteres nach dem Ausrecken verwendet.

---

*) Ausführliches hierüber „siehe Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate", Band II. Lief. 4; und in einem Auszuge daraus im „Polytechnischen Centralblatt" 1855 S. 1383. Der dort befindliche Aufsatz des Herrn Düber ist auch im Vorstehenden benutzt worden. —

c) Andere Methoden der Stahlbereitung durch Entfernung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen.

Eine andere Methode der Stahlerzeugung im Puddelofen ist von einem Freunde des Verfassers, Ewald Riepe angegeben und in England patentirt worden. Dieselbe besteht darin, daß die gewöhnliche Arbeit des Eisenpuddelns in einem geeigneten Zeitraum unterbrochen wird, und daß man dem im Puddelofen gebildeten Schmiedeeisen eine gewisse Quantität Gußeisen zusetzt, beides zusammen einschmelzt und so Stahl erzeugt.

Die neuste Methode, das Roheisen in Stahl zu verwandeln, ist von Henry Bessemer in England erfunden und unter dem 17. Oktober 1855 patentirt worden. Bessemer erzeugt den Stahl dadurch, daß er den Ueberschuß an Kohlenstoff, welchen das Roheisen gegen den Stahl besitzt, durch Einblasen von Wasserdampf oder von erhitzter atmosphärischer Luft zu verbrennen sucht. Der Vortheil, den er dadurch zu erreichen strebt, ist vor Allem größere Billigkeit durch Vereinfachung der Operation, indem das Roheisen, sowie es im flüssigen Zustande von dem Hohofen kommt, sofort in Schmelztiegel geleitet, in denselben in Stahl umgewandelt, demnächst in geschmolzenem Zustande erhalten und als Gußstahl in Formen gegossen wird. Kann oder will man nicht das Roheisen aus dem Hohofen unmittelbar benutzen, so kann man dasselbe auch in einem Kupolofen umschmelzen, und es unterscheidet sich daher das Bessemer'sche Verfahren von der gewöhnlichen Gußstahlfabrikation dadurch, daß das Metall als Gußeisen und in flüssigem Zustande in die Tiegel eingesetzt wird, und dieselben als Gußstahl verläßt.

Der von Bessemer angegebene Ofen bietet manche Eigenthümlichkeiten dar. Die Schmelztiegel, gewöhnlich sechs neben einander, stehen auf einem gemauerten Unterbau, der unterwölbt ist, so daß man in den Raum unmittelbar unter den Tiegeln gelangen kann.

Die Außenfläche dieses Unterbaues bildet einen dachförmigen Rücken, welcher oben abgestumpft ist und zur Aufnahme der Tiegel dient. Diese Tiegel sind ringsum mit Kokes umgeben und damit dieselben nicht an den schrägen Seitenflächen des dachförmigen Rückens hinabrollen, sind neben den Tiegeln in der Längenrichtung dieses Daches zu beiden Seiten vertikale Roststäbe aufgestellt, die von Zeit zu Zeit durch aufgemauerte Pfeiler unterbrochen sind, um hierdurch eine Stütze für die über den Tiegeln befindliche Decke des Ofens zu bilden. Diese Decke ist unmittelbar über den Tiegeln durchbrochen, um von obenher die Tiegel und die Feuerung beschicken zu können. Natürlich führt aus dem Raum unter der Decke, in welchem die Tiegel aufgestellt sind, und der außerdem mit Kokes angefüllt ist, ein Feuerkanal nach einem Schornstein, durch welchen der erforderliche Luftzug zum Verbrennen der Kokes erzeugt wird, wenn man nicht vorzieht, diesen Luftzug durch ein Gebläse herbeizuführen; auch können während des Betriebes jene Oeffnungen in der Decke über den Tiegeln sowie die Tiegel selbst zugedeckt werden. Jeder Tiegel hat außer der obern Mündung auch am Boden eine Oeffnung, die durch das Gewölbe des Unterbaues in den Raum unter den Tiegeln führt und dazu dient, den Inhalt des Tiegels an Gußstahl abzustechen,

und in die Formen fließen zu lassen, welche auf einem eisernen Wagen mittelst eines Schienengeleises in den gewölbten Raum unter den Tiegeln geführt werden können. Diese Oeffnungen sind während des Stahlbildungsprozesses verschlossen, indem man von unten her einen an einer Stange befindlichen feuerfesten Pfropfen hineinsteckt, und von oben her eine Hand voll Quarzsand oder Glaspulver darauf wirft, um den Pfropf festzuschmelzen.

Ist der Ofen so vorbereitet, und sind die Tiegel glühend, so wird das geschmolzene Gußeisen von oben hineingegossen, indem man es mittelst Gießkellen von dem Kupolofen oder von einem Feineisenfeuer, oder auch von dem Hohofen entnimmt. In jeden Tiegel wird in die flüssige Gußeisenmasse ein schmiedeeisernes Rohr gesteckt, welches mit einer Dampfleitung oder mit einer Leitung heißen Windes communicirt, und durch einen Hahn verschließbar ist. Diese Röhren, durch welche die Luft oder der Wasserdampf eingeblasen wird, müssen von Zeit zu Zeit herausgezogen werden, theils um sie abzukühlen, theils um die Oeffnung zu reinigen. Durch das Einblasen der Luft oder des Wasserdampfes, welche übrigens eine solche Spannung haben müssen, daß sie den Druck der Eisensäule im Tiegel überwinden, wird das Metall in starke Wallung versetzt, der Kohlenstoff verbrennt durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft oder des Wasserdampfes, welcher sich an dem glühenden Eisen zersetzt; außer dem Kohlenstoff wird auch der Schwefel im Eisen verbrannt, und die Produkte der Verbrennung entweichen durch den Deckel der Tiegel, welcher zu diesem Zwecke mit Oeffnungen versehen ist. Ist die Entkohlung weit genug vorgeschritten, was sich dadurch zeigt, daß die Masse anfängt dickflüssig zu werden, so zieht man die Röhren heraus, giebt noch etwas Hitze, um den Fluß der Masse zu vermehren, sticht den Gußstahl durch die Oeffnung im Boden der Tiegel ab, und läßt ihn in die Formen fließen. Die Dauer des ganzen Prozesses soll nur 20 bis 40 Minuten betragen; während des ersten Drittels der Operation läßt man Wasserdampf, dann aber nur Luft einströmen. Durch eine Oeffnung im Deckel der Tiegel beobachtet man den Gang des Prozesses; nimmt durch dieselbe auch wohl mit einem eisernen Löffel Proben. Ist die Entkohlung zu weit vorgeschritten, so setzt man etwas flüssiges Roheisen zu; will sie nicht gehörig erfolgen, so giebt man etwas Schmiedeeisen in Gestalt von Dreh-, Feil- oder Bohrspähnen in den Tiegel. Nächst der größern Dickflüssigkeit, die auch eintritt, wenn der Ofen zu kalt geht, oder wenn man zu viel Wasserdampf hat einströmen lassen, ist ein ferneres Merkmal der weit genug fortgeschrittenen Entkohlung, wenn die Masse eine intensive Weißglühhitze annimmt und zu lebhaftem Glanze gelangt *).

Das Bessemer'sche Verfahren, welches in England außerordentliches Aufsehen macht, leidet noch an den Unvollkommenheiten und an der Unreife der ersten Erfindung; es läßt sich bis jetzt noch kein Urtheil über seine Zukunft fällen, jedenfalls dürfte der oben beschriebene Bessemer'sche Ofen, so sinnreich derselbe erdacht ist, noch wesentliche praktische Schwierigkeiten darbieten.

---

*) Report of Pat. Jnv. Septbr. 1856 p. 187 und Polytechnisches Centralblatt 1856, S. 1322.

Mit dem Verfahren von Bessemer verwandt ist ein von Ewald Riepe angegebenes Verfahren, das Roheisen dadurch in Stahl zu verwandeln, daß man dasselbe in Form dünner Stangen in einen Cylinder aus feuerfestem Thon einsetzt, doch so, daß sich die Stangen nicht berühren. In diesem Cylinder wird das Roheisen anhaltend geglüht, während durch den Cylinder Luft geleitet wird. Der an der Oberfläche der Stangen gebildete Glühspahn soll die Masse des Eisens dabei in Stahl umwandeln.

Das Verfahren von Jullien, welches unter dem 12. Juni 1852 in Frankreich patentirt ist, gehört gleichfalls in diese Kategorie der Stahlerzeugung. Es besteht im Wesentlichen darin, daß Stäbe oder Platten von Gußeisen mit einem geeigneten Metalloxyd umhüllt, und in dieser Umhüllung anhaltend der Glühhitze ausgesetzt werden, wobei ihnen der überschüssige Kohlenstoffgehalt allmählig entzogen wird, und das Gußeisen je nach dem Grade dieser Entkohlung in Schmiedeeisen oder Stahl übergeht.

Wenn man einen Stab von grauem oder weißem Roheisen, ringsum mit einem geeigneten Metalloxyd umgeben, anhaltend der Kirschrothglühhitze aussetzt, und ihn dabei von Zeit zu Zeit, indem man jedesmal mehrere Tage verstreichen läßt, herausnimmt und seinen Bruch untersucht, so findet man folgendes: Zuerst überzieht sich der Roheisenstab mit einer Schicht von gesättigtem Stahl; der Stahl zieht sich hierauf zurück und wenn die Cementation beendet ist, befindet sich der Stab ganz und gar im Zustande des Schmiedeeisens und besteht aus zwei Theilen, einem äußern, der feinkörnig ist und aus kleinen Krystallen besteht, je nach der Qualität des Rohmaterials, und aus einem innern, der aus mehr oder weniger großen Körnern besteht.

Der äußere Theil soll ein Eisen von besserer Qualität liefern, als dasjenige, welches das angewendete Roheisen gewöhnlich giebt; der innere Theil liefert ein Eisen von geringerer Qualität.

Beim Einsetzen der Stäbe in die Kasten ordnet man sie so an, daß sie Zwischenräume zwischen sich lassen, die mit dem Metalloxyd angefüllt werden. Als Metalloxyd sind für den vorliegenden Zweck mehr oder weniger anwendbar: die Oxyde des Eisens, Zinkoxyd oder Galmei, braunes Manganoxyd, Kupferoxyd. Die Oxyde des Eisens sind vollkommen geeignet, wenn sie rein sind, sie dürfen namentlich nicht Kieselerde enthalten, weil sie dann schmelzen und den Gußeisenstäben anhängen. Am besten ist der Glühspahn, der unter dem Stabwalzwerk sich ansammelt. Zinkoxyd und Galmei eignen sich für den vorliegenden Zweck sehr gut, weil das durch den Kohlenstoff des Eisens reducirte Zink sich fast vollständig verflüchtigt, und also immer neue Theile des Oxydes mit dem Eisen in Berührung kommen können. Ein Theil des Zinks wird jedoch von dem Eisen oder Stahl aufgenommen, und muß nöthigenfalls, wenn das Produkt dadurch zu spröde wird, durch längeres Erhitzen der Stücke im Schweißofen, oder beim Stahl im Cementirkasten (wodurch zugleich eine etwas zu weit getriebene Entkohlung wieder ausgeglichen werden kann) durch Verflüchtigung daraus entfernt werden. Die durch Metalloxyd zu entkohlenden Eisenstäbe müssen möglichst dünn sein, wenn der Entkohlungs-Prozeß nicht zu lange dauern soll.

Man kann annehmen, daß die Entkohlung in 24 Stunden um 1 Millimeter vorschreitet. Im Allgemeinen wählt man die Roheisenstäbe so, daß ihr Querschnitt den der herzustellenden Stücke um das 5- bis 10fache übertrifft, und daß also später eine Streckung auf das 5- bis 10fache stattfindet. Als Hauptvortheil dieses Verfahrens führt Jullien an, daß man bei demselben keinen Verlust durch Abbrand erleidet, und daß die Kosten für das Schweißen, Raffiniren und Gerben erspart werden *).

§. 39.

Gewinnung des rohen Stahls aus Schmiedeeisen.

Die Darstellung des Stahls aus Schmiedeeisen ist eine Stahlproduktion auf viel indirecterem Wege, als die vorige, da man dem Roheisen zuerst seinen ganzen Kohlenstoffgehalt entzieht, um es zu Schmiedeeisen zu machen, und demnächst wieder auf künstliche Weise Kohlenstoff dem Schmiedeeisen hinzufügt. Man würde diese umständliche Operation nicht wählen, wenn sie nicht gewisse Vorzüge hätte, die es möglich machen, gerade auf diesem Wege den besten und reinsten Stahl darzustellen. Indem man nämlich aus dem Roheisen zuerst Schmiedeeisen erzeugt, ist es möglich alle Mittel anzuwenden, um die nachtheiligen Beimischungen und Verunreinigungen aus dem Eisen auszuscheiden und in die Schlacke zu treiben; wenn man dagegen das Roheisen, sei es durch Frischen, Puddeln oder durch das Bessemer'sche Verfahren, in Stahl umwandelt, so ist man genöthigt, den Reinigungsprozeß dann zu unterbrechen, wenn der Kohlenstoff sich bis zu einem angemessenen Grade vermindert hat, und man kann nur in zweiter Linie auf die Ausscheidung der übrigen Verunreinigungen Rücksicht nehmen, weil man sonst anstatt des Stahls leicht Schmiedeeisen erhält.

Das Zufügen von Kohlenstoff zu dem Schmiedeeisen geschieht im Allgemeinen dadurch, daß man das Schmiedeeisen mit Kohlenpulver unter Ausschluß des Luftzutrittes scharf glüht. Der so gewonnene rohe Stahl heißt Brennstahl, auch Cementstahl, da das Verfahren selbst das Cementiren des Eisens genannt wird; auch heißt dieser Stahl Blasenstahl von dem blasigen Aussehen seiner Oberfläche.

Außer der erwähnten Operation, welche wir bezeichneten als

a) das Cementiren oder Brennen des Stahls, kann man auch noch das Schmiedeeisen in Stahl verwandeln
b) durch Zusammenschmelzen mit gewissen kohlenstoffhaltigen Stoffen,
c) durch das Verfahren des Einsetzens.

Die üblichste und im Großen allein angewendete Methode ist die zuerst genannte.

a) Die Darstellung des Stahls aus Schmiedeeisen durch Cementiren.

Das hierzu verwendete Schmiedeeisen muß aus einem sehr guten, reinen, mit Holzkohle erblasenen Roheisen gewonnen sein; als das geeignetste Schmie-

*) Vergl. Le Genie industriel. Decbr. 1852 und Polytechnisches Centralblatt 1853.

deeisen für diesen Zweck wird das gute schwedische Eisen angesehen, welches man gewöhnlich anwendet, wenn man aus dem gewonnenen Cementstahl später den besten Gußstahl bereiten will. Im Allgemeinen eignet sich das aus dem Spatheisenstein dargestellte, wenn auch noch etwas Mangan enthaltende, Schmiedeeisen zu dieser Operation, wenn es sonst nur recht rein, möglichst dicht, d. h. frei von unganzen Stellen, Schiefern und eingesprengten Schlacken, und endlich, wenn es von sehr gleichartigem, feinkörnigem Gefüge ist.

Das dunkle, grobfaserige, oder das aus schwammigen Luppen bereitete, nicht gehörig durchschweißte Eisen ist zum Cementiren ungeeignet.

Das zur Stahlfabrikation benutzte Eisen verwendet man in flachen Stäben von $1\frac{1}{4}$ bis 3 Zoll Breite und von ziemlich geringer Dicke, die, wenn man aus dem Cementstahl später Gerbstahl machen will, nicht nur über $\frac{3}{8}$ Zoll betragen sollte, aber bis auf $\frac{3}{4}$ Zoll vermehrt werden kann, wenn der bereitete Cementstahl zur Gußstahlfabrikation dienen soll. Das Eisen wird in gemauerten Kasten aus feuerfestem Thon von 2 bis 3 Fuß Breite und von 8 bis 15 Fuß Länge eingeschichtet, die Kasten sind möglichst flach ($1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß tief), damit die Hitze gehörig eindringen kann, und werden nach dem Einsetzen des Eisens vermauert und dicht verschmiert. Mehrere solcher Kasten (2 bis 8) stehen in einem Ofen, so daß ein Ofen 50 bis 300 Centner Eisen je nach der Größe der Kasten aufnehmen kann. Unter den Kasten liegt die Feuerung so, daß die Flamme sowohl den Boden, als die Seitenwände der Kasten gehörig und frei umspielen kann; je 2 bis 3 Kasten haben eine Feuerung.

Ueber den Kasten ist ein Gewölbe, welches die Flamme zusammenhält und mit einem System von Durchbrechungen versehen ist, welche als Zuglöcher dienen, um die Flamme in den darüber stehenden gemeinschaftlichen Schornstein zu führen. Indem man diese Zuglöcher offen läßt, oder mit feuerfesten Mauersteinen zudeckt, kann man den Gang des Feuers reguliren.

Das Eisen wird in die Kasten hochkantig eingepackt, so daß die einzelnen Stangen sich weder untereinander, noch die Wände oder den Boden der Kasten berühren; es bleibt überall ein Zwischenraum von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll, am Boden und an der Decke auch wohl 1 Zoll, welcher mit dem sogenannten Cementirpulver ausgefüllt wird. Dieses Cementirpulver besteht im wesentlichen aus Holzkohlenklein, d. h. aus nicht sehr fein gepulverter Holzkohle, am besten von Birken-, Buchen- oder Eichen-Holz; dieses Kohlenklein wird entweder rein oder mit mancherlei Zusätzen angewendet. Man rechnet auf einen Centner Schmiedeeisen etwa $\frac{1}{3}$ Kubikfuß Holzkohlenklein. Die erwähnten Zusätze sind entweder 6 bis 10 Procent des Kohlenpulvers reine Holzasche oder Holzasche mit etwas Kochsalz, oder auch $\frac{1}{2}$ Procent des Kohlengewichtes Pottasche und Kochsalz, welche man in Wasser auflöst und damit das Kohlenpulver anfeuchtet. Andere Zusätze sind Kalk und Zinkfeilspähne; nach Wall und Black in London *) soll man ein gleiches Volum Holzkohlenpulver und Kalk nehmen, demselben $2\frac{1}{2}$ bis 5 Zollpfund Zink-

*) Genie industriel. Juillet 1853 p. 49 und Polytechnisches Centralblatt 1854. S. 304.

feilspähne auf je einen Kubikfuß dieses Gemenges zusetzen und durch die nur bis zum Dunkelrothglühen erhitzten Eisenstäbe einen galvanischen Strom leiten (bei 240 Cent. Stabeisen den Strom einer Batterie von 8300 Quadratfuß Metallfläche). Um den Strom durchleiten zu können, sind an den Enden der Eisenstäbe Metalldrähte befestigt.

Ist die Einschichtung des Eisens und der Verschluß der Kasten vollendet, so wird der Ofen in Gang gebracht. Um den Gang des Ofens beobachten zu können, sind einzelne Stäbe so in den Kasten eingepackt, daß sie von Außen herausgezogen werden können; nach der Beschaffenheit dieser Proben beurtheilt man, wie weit die Cementation vorgeschritten ist.

Die Hitze wird allmählig gesteigert, bis zur Weißglühhitze des Eisens, und in dieser Temperatur, welche erst binnen 2 bis 4 Tagen erreicht wird (90 bis 100 Grad Wedgwood), wird der Ofen 5 bis 8 Tage möglichst gleichmäßig erhalten, je nach der Größe des Ofens, der Dicke der eingesetzten Stücke u. s. w. Nach Verlauf dieser Zeit läßt man den Ofen wieder allmählig abkühlen, nimmt die Stäbe heraus und beginnt von Neuem.

Die Stäbe zeigen nach der Cementation eine Oberfläche voll größerer und kleinerer Blasen, von der Größe eines Hühnereis bis zur Größe einer Erbse, sie haben etwa $^1/_3$ bis $^3/_4$ Procent am Gewicht zugenommen, während die Dichtigkeit abgenommen hat, indem das specifische Gewicht sich vermindert hat. Nach Karmarsch zeigte Stabeisen, welches vor dem Cementiren ein specifisches Gewicht von 7,795 hatte, nach der Operation nur ein specifisches Gewicht von 7,618. Das Gefüge des Eisens hat sich ganz verändert; es ist aus der sehnigen Textur in eine körnige, spröde übergegangen. Der gewonnene Blasenstahl wird entweder durch Gerben oder durch Umschmelzen verbessert.

Eine andere Methode zur Darstellung des Cementstahls ist von M'Intosh in Glasgow versucht, indem er das Eisen in Kasten oder in feuerfeste Röhren einschichtete und Kohlenoxydgas oder auch Kohlenwasserstoffgas (Leuchtgas) hineinleitete, nachdem das Eisen weißglühend gemacht worden.

Thomas Weatherburn Dodds hat unter dem 7. März 1853 ein englisches Patent auf eine Verbesserung in der Erzeugung von Cementstahl erhalten. Der von Dodds construirte Ofen enthält eine Reihe von Muffeln oder Kasten von feuerfestem Thon, die an beiden Enden offen sind, und welche von einem gemeinschaftlichen Gewölbe überdeckt sind, das mit den nöthigen Zugöffnungen versehen ist. Die Feuerung liegt unter den Muffeln, so daß das Feuer dieselben von allen Seiten umspielen und durch die Zugöffnungen im Gewölbe entweichen kann. Die in Stahl zu verwandelnden Eisenstäbe werden mit einer Mischung von 10 Theilen Holzkohle, 1 Theil calcinirter Soda (Aetznatron), und 2 Theilen Kalk in die Muffeln eingelegt, worauf die offenen Enden entweder durch besondere Thüren oder durch Platten verschlossen oder zugemauert werden. Die Retorten oder Muffeln werden nun in helle Rothglühhitze gebracht, und 5 bis 6 Tage lang darin erhalten; hierauf öffnet man die Muffeln und zieht die in Stahl verwandelten Stäbe in glühendem Zustande heraus. Man taucht dieselben entweder in Wasser oder in eine alkalische Lösung oder man umhüllt sie mit einer trockenen

Mischung von Sand und Kohle; oder mit einem andern kohlenstoffhaltigen Material. Wenn eine Muffel entleert ist, was bei den verschiedenen Muffeln in regelmäßiger Abwechslung erfolgt, wird sie sofort wieder auf's Neue beschickt. Die Vortheile dieser Einrichtung sollen nicht allein in Ersparung von Brennmaterial bestehen, sondern auch in der Vermeidung der mit dem abwechselnden Erhitzen und Abkühlen verbundenen Gefahr der Beschädigung des Ofens und der Muffeln.

Es scheint jedoch, daß sich bei der Manipulation noch mancherlei Schwierigkeiten herausstellen möchten.

b) Darstellung des Stahls aus Schmiedeeisen durch Zusammenschmelzen mit gewissen kohlenstoffhaltigen Substanzeu.

Diese Art der Stahlerzeugung hat noch nicht eine Anwendung im Großen erfahren; man hat sie vielmehr nur benutzt, um Stahl in kleinern Quantitäten, freilich oft von vorzüglicher Güte, zu erzeugen. Hieher gehört z. B. die Fabrikation des ostindischen Stahls, des sogenannten Wootz. Dieser Stahl wird durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Kohle oder Pflanzenstoffen, die sich bei der Operation verkohlen, erhalten; man setzt höchstens 2 Pfund Eisen auf einmal ein.

In Europa hat man den Wootz auf folgende Weise nachzuahmen gesucht *): Kleine Stückchen von Schmiedeeisen oder Stahl werden in Kohlenpulver eingegraben und so lange heftig geglüht, bis sie sich in eine dunkelgraue, leicht zu pulvernde Masse (Kohleneisen) umgewandelt haben. Diese wird gepulvert und mit reiner Alaunerde in einem verschlossenen Tiegel längere Zeit stark weißgeglüht, wobei sie weiß und spröde wird. Stahl mit $^1/_{16}$ bis $^1/_{12}$ dieser weißen Metallmischung zusammengeschmolzen gibt den Wootz. Dieser Stahl ist hart, schwer zu bearbeiten, und nimmt, bei geringer Glühhitze im Wasser abgelöscht, eine außerordentliche Härte an, er eignet sich besonders zu feinen Messern.

Nach Mittheilungen von Dr. Heeren **) wird der Wootz aus einer Eisensorte hergestellt, die in einer Art kleiner Stücköfen aus Magneteisenstein mit 70 Procent Eisengehalt erblasen wird. Als Brennmaterial dienen Holzkohle, zu harten Kuchen gekneteter Kuhdünger und kleingehacktes Holz. Zwei Blasebälge von Ziegenfellen werden durch einen Mann in abwechselnder Bewegung erhalten, und treiben den Wind durch einen Schlauch und die thönerne Düse, welche stark geneigt etwa 9 Zoll über dem Boden des Ofens liegt. Der Ofen ist cylindrisch, aus Thon und Kuhdünger hergestellt und steht mit seinem untern Theil in einer kleinen Grube.

Es wird zuerst eine dünne Schicht Holz eingelegt, hierauf eine etwa 1 Zoll dicke Schicht von sandförmigem Magnet-Eisenstein, auf diese eine Schicht Kohle und Kuhdünger, und so abwechselnd, bis zur Gicht des Ofens. Nach vierstündigem Blasen soll sich der Ofen in vollständiger Gluht befinden und ein Theil des Erzes

---

*) Mech. Techn. I. S. 31.

**) Vergl. Mittheilungen des hannöverschen Gewerbe-Vereins 1852 und Polytechnisches Centralblatt 1853.

eingeschmolzen sein. Man fährt nun mit Aufgeben von Brennmaterial und Erzen noch etwa acht Stunden lang fort, worauf man den Ofen abkühlen läßt, nach weiteren 12 Stunden aufbricht und die gebildete Luppe von etwa 40 Pfund, die aus reinem, hämmerbaren, nur durch Schlacke mechanisch verunreinigtem Schmiedeeisen besteht, herausnimmt. Sie wird nun in einem andern Ofen zur Schweißhitze gebracht, sodann gehämmert und in mehreren Hitzen zu einer Stange oder zu der sonst verlangten Form ausgeschmiedet. Die Ausbeute an fertigem Stabeisen beträgt nur etwa 12 Procent, weil das bereits reducirte Eisen so lange der Gebläseluft ausgesetzt ist, daß der größte Theil sich wieder oxydirt und verschlackt, wobei dann freilich das gewonnene Eisen um so reiner ausfällt.

Nachdem das auf die eben beschriebene Art gewonnene Schmiedeeisen in kleine Stücke geschroten ist, legt man diese nebst einer abgewogenen Menge trockener Holzspähne (von Cassia auriculata) und ein paar grünen Blättern von Asclepias gigantea oder von Convolvolus longifolius in kleine, aus geschlemmten Thon angefertigte Tiegel, und schließt dieselben genau durch eingestampften Thon. Jeder dieser kleinen Tiegel faßt nun etwa 1 Pfund Eisen. Nach dem Trocknen werden 20 bis 24 solcher Tiegel in einem kleinen Gebläseofen so zusammengestellt, daß sie ein Gewölbe über dem Feuer bilden. Das Feuer wird nun während $2\frac{1}{2}$ Stunden mit der größten Lebhaftigkeit unterhalten, dann läßt man den Ofen erkalten, nimmt die Tiegel heraus und findet in den meisten derselben einen nach der innern Gestalt des Tiegels geformten Stahlkuchen, der dann, weil er in Folge des zu großen Kohlengehaltes nicht schmiedbar sein würde, in einem Gebläseofen anhaltend geglüht und endlich unter dem Hammer ausgeschmiedet wird.

Eine andere Vorschrift zur Bereitung des Stahls, welche in diese Kategorie gehört, ist folgende:

Man schmelzt 100 Theile Schmiedeeisen-Drehspähne mit 2 Theilen Braunstein und 3 Theilen Holzkohlenpulver in einem wohlverschlossenen Tiegel aus sehr feuerfestem Thon zusammen und erhält so unmittelbar eine Gußstahlmasse.

c) Darstellung des Stahls durch Einsetzen.

Die Darstellung des Stahls durch Einsetzen hat die größte Analogie mit der Darstellung des Schmiedeeisens durch Anlassen oder Tempern; wie beim letztern Verfahren nur eine Verwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen von der Oberfläche her stattfindet, indem man dem Roheisen Kohlenstoff entzieht, so erfolgt bei dem Einsetzen auch nur eine Verwandlung des Schmiedeeisens in Stahl von der Oberfläche aus, indem man dem Schmiedeeisen Kohlenstoff von Außen her zuführt. Das Verfahren des Einsetzens beruht hiernach auch auf denselben Prinzipien, wie die Darstellung des Stahls durch Cementiren, und unterscheidet sich von dieser Methode im Wesentlichen nur dadurch, daß es bei dem Einsetzen nicht Absicht ist, den ganzen Schmiedeeisenkörper, welchen man der Operation unterwirft, in Stahl zu verwandeln, sondern nur die Oberfläche desselben bis auf eine sehr geringe Tiefe, daß man die Operation des Einsetzens in der Regel mit vollständig bearbeiteten Gegenständen vornimmt, um die

Oberfläche gegen äußere Eindrücke und gegen Ritzen und Schrammen durch andere Körper zu schützen, und daß man bei der Operation selbst eine gewisse Vorsicht anzuwenden hat, um zu verhüten, daß die bereits bearbeiteten Körper nicht eine Formveränderung oder eine blasige Beschaffenheit der Oberfläche erlangen.

Man hat eine große Menge verschiedener Methoden die Oberflächen schmiedeeiserner Köper in Stahl zu verwandeln, indem man denselben Kohlenstoff zuführt.

Die gewöhnlichste Methode des Einsetzens besteht darin, daß man die Gegenstände, mit Kohlenpulver umgeben, in eine Blechbüchse einschichtet, dieselbe in einer gewöhnlichen Schmiedeesse glüht, nachdem man die Büchse von Außen gehörig mit Lehmbrei verschmiert hat und dann nach etwa einstündigem Glühen den Inhalt der Büchse in kaltes Wasser ausschüttet. Je länger man den Glühprozeß fortsetzt, desto tiefer schreitet die Stahlbildung von der Oberfläche nach dem Innern hin vor, desto brüchiger und spröder werden aber die Gegenstände. Man kann als „Einsatz" d. h. als Umhüllungsmittel für die zu cementirenden Schmiedeeisenkörper grobe zerstoßene Holzkohle anwenden, doch zieht man in der Regel thierische Kohle vor. Diese thierische Kohle wird entweder als solche schon eingebracht, oder sie bildet sich erst in dem Blechkasten während der Operation, und für diesen Fall setzt man mancherlei, meist willkürliche, Gemenge von kohlenstoffreichen thierischen Körpern in zerkleinertem Zustande in die Einsetzkasten; hierher gehören gedörrte und zerstoßene Hornstücke, namentlich von den Hufen der Schafe, Rinder u. s. w. (dieses Pulver nennt man auch wohl „die Härte"), ferner verkohlte oder vertrocknete Lederabfälle, Knochen, Ochsenhorn, Pferdehufe u. s. w.

Sehr zweckmäßig ist es, in das Kohlenpulver, welches den Einsatz bildet, eine Quantität Blutlaugensalz (blausaures Eisenkali, Cyan-Eisen + Cyankalium) einzumengen.

Andere Methoden der Flächen-Cementation beruhen meist darauf, daß man das Schmiedeeisenstück glühend macht und mit kohlenstoffhaltigen Substanzen vorübergehend in Berührung bringt; als solche kohlenstoffhaltige Substanzen dienen vorzugsweise Blutlaugensalz und Gußeisen.

Wenn man das Schmiedeeisen fast rothwarm macht, hierauf mit gepulvertem Blutlaugensalz bestreut und einreibt, das Eisen einige Zeit in der genannten Temperatur erhält, und dann in kaltem Wasser ablöscht, so ist es mit einer harten Stahlhaut überzogen, welche zwar nur sehr dünn und mit vielen feinen Rissen versehen ist, indessen doch eine gute Politur annimmt.

Die Anwendung von Gußeisen behufs der Hergabe des Kohlenstoffs, um Schmiedeeisen an der Oberfläche in Stahl zu verwandeln, kann in mancherlei Weise geschehen. Es genügt schon, ein weißglühend gemachtes Stück Schmiedeeisen in einen Haufen von Gußeisen-Dreh- oder Feilspähne zu stecken, und es darin einige Zeit herumzudrehen. Besser ist es, das Schmiedeeisen und ein Gußeisenstück in einem Schmiedefeuer gleichzeitig bis zur Weißglühhitze zu erwärmen, das einzusetzende Schmiedeeisen mit dem Gußeisen einige Mal schnell zu bestreichen und dann in kaltem Wasser abzukühlen. Die dadurch

erzeugte Stahlhaut soll von der härtesten Feile nicht angegriffen werden. Endlich kann man auch das Gußeisen schmelzen, das Schmiedeeisen weißglühend machen und dann in dem möglichst dünnflüssigen Gußeisen einige Male mit demselben herumrühren; kühlt man das also behandelte Schmiedeeisen in kaltem Wasser so weit ab, daß es nur noch rothglühend ist, so kann man es durch Schmieden weiter bearbeiten und schließlich härten.

Die Stahlbildung soll auf diese Weise 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien tief von der Oberfläche her eindringen.

§. 40.

Darstellung des Stahls durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Gußeisen, und Legirungen des Stahls mit andern Metallen.

Die Bereitung des Stahls, sei es durch Entziehung von Kohlenstoff aus dem Roheisen, sei es durch Zuführung von Kohlenstoff zu dem Schmiedeeisen, wie wir sie in den vorstehenden Paragraphen ausführlich erörtert haben, bietet immer eine gewisse Unsicherheit dar, die ihren Grund darin hat, daß man den Kohlenstoffgehalt in dem zu erzeugenden Stahl nicht mit genügender Zuverlässigkeit vorher bestimmen kann. Uebung und Geschicklichkeit der Arbeiter ersetzen zwar diesen Mangel, allein da sie ganz individueller Natur sind, so bieten sie kaum irgend eine Garantie, daß man zu jeder Zeit und bei jeder Operation genau Stahl mit demselben Kohlenstoffgehalte erziele.

Karsten hat zuerst auf diesen Uebelstand hingewiesen, indem er zugleich ein Mittel in Vorschlag und zum praktischen Versuch brachte, welches geeignet sein kann, demselben abzuhelfen. Derselbe äußert sich darüber in einem längern Aufsatz, nachdem er zuerst seine Ansichten über Stahlbildung im Allgemeinen entwickelt hat, folgendermaßen*).

Der Kohlengehalt des zum Gußstahl angewendeten Materials, des Cementstahls, ist in jedem Querschnitt des Stabes ein anderer, so daß der Kohlengehalt der Gesammtmasse der Tiegelbeschickung, also der des daraus hervorgehenden Gusses mit Zuverlässigkeit nicht bestimmt werden kann. Wenn gleichwohl der Grad der Härte des englischen und des guten deutschen Gußstahls ziemlich genau mit dem beabsichtigten übereinstimmt, so ist dieser Erfolg lediglich der genauen Bekanntschaft der Arbeiter mit ihrem Material und der sorgfältigen Auswahl desselben für den bestimmten Zweck zuzuschreiben. Eine Unzuverlässigkeit des Erfolges würde nicht vorhanden sein, wenn für die Gußstahlfabrikation ein Material zu Gebote stände, dessen Kohlengehalt der Berechnung unterworfen werden könnte.

Ein solches Material ist das aus reinen (und von eingesprengten Kupferkiesfunken möglichst freien) Spath- und Brauneisensteinen dargestellte weiße Roheisen mit Spiegelflächen, dessen Kohlengehalt ohne einen erheblichen Irrthum zu 5,6 Procent angenommen werden kann.

---

*) Vergl. Archiv für Mineralogie u. s. w. von Karsten und von Dechen. Band 25. S. 218 u. f und Polytechnisches Centralblatt 1853, S. 274 u. f.

Der Kohlengehalt der besten Sorte des schwedischen Stabeisens und des Eisens, welches in Deutschland aus reinen Spath- und Brauneisensteinen bereitet wird, läßt sich mit der Wirklichkeit nahe genug übereinstimmend durchschnittlich zu 0,25 Procent in Rechnung bringen.

Jenes Roheisen und dieses Stabeisen sind als das reinste Eisen bekannt, welchem aber Spuren von Silicium beigemischt sind, von denen auch der Cementstahl, das jetzige Material für den Gußstahl, niemals befreit ist. Beide Eisensorten bieten also ein Material dar, durch welches man in den Stand gesetzt ist, den Kohlengehalt der in die Tiegel zu bringenden Gußstahlbeschickung genau zu bestimmen, und Gußstahl von jedem beliebigen Grade der Härte durch das, durch Berechnung leicht zu ermittelnde Verhältniß des einen Materials zum andern darzustellen. Wenn der Kohlengehalt des Schmelzproduktes und die davon abhängigen Eigenschaften des Schmelzproduktes wirklich vollständig mit der Berechnung übereinstimmen — welches durch Versuche im Großen zu entscheiden blieb —, so konnte man erwarten, daß durch die Gußstahlbereitung aus Spiegeleisen und reinem Stabeisen eine neue Periode für diesen Zweig der Industrie in Deutschland beginnen müsse, indem sich mit der Zuverlässigkeit der Operation, durch welche der Gußstahl genau in den Graden der Härte und Schweißbarkeit dargestellt werden kann, welche zu irgend einem Zwecke verlangt werden, auch noch ökonomische Vortheile verbinden, die in der Wohlfeilheit des Materials begründet sind. Diese Vortheile erhalten für die deutsche Gußstahlindustrie dadurch einen besondern Werth, daß in mehreren Gegenden Deutschlands das reine weiße Gußeisen mit Spiegelflächen in beträchtlichen Quantitäten gewonnen wird, während es andern Ländern gänzlich abgeht.

Der Bereitung des Gußstahls durch Zusammenschmelzen von Spiegeleisen und reinem Stabeisen stand aber noch ein anderes und weit erheblicheres, als das aus dem Mangel an Reinheit des Materials entnommene Bedenken entgegen, nämlich die Besorgniß, ob das Produkt der Schmelzung eine gleichartige und homogene Verbindung sein werde.

Die Frage konnte nur unmittelbar durch Versuche entschieden werden, und die Beantwortung derselben war aus dem vorhin angegebenen Grunde wichtig genug, um diese Entscheidung herbeizuführen. Auf der Gußstahl- und Feilenfabrik von Huth zu Geitebrück bei Hagen in der Grafschaft Mark, sind in den Jahren 1846 und 1847 solche Versuche unter der Leitung des verstorbenen Ober-Hütten-Inspectors Stengel ausgeführt wurden, indem Herr Huth sein Gußstahl-Etablissement dazu zur Disposition stellte.

Die angewendeten Schmelztiegel hatten den räumlichen Inhalt, daß daraus für jede Schmelzung eine Gußstahlbarre von 30 bis 35 Pfund erfolgen konnte. Das geschmolzene Produkt ward wie gewöhnlich in gußeiserne Formen gegossen. Die Resultate, welche sich aus einer großen Anzahl von Güssen, und bei der weitern Behandlung der Gußstahlbarren ergaben, sollen in Nachstehendem kurz angegeben werden.

1) Für die Auswahl des Roheisens ist es von großer Wichtigkeit, Roheisen anzuwenden mit vollkommener Spiegelfläche, und kein Roheisen,

welches bereits in weißes strahliges oder in weißes dichtes Roheisen übergeht. Die Anwendung des Spiegelroheisens ist nicht allein aus dem Grunde schon nothwendig, um die Quantität der Kohle in der Gußstahlbeschickung genau berechnen zu können, welches bei dem veränderlichen Kohlegehalt des strahligen und des dichten weißen Roheisens nicht ausführbar sein würde, sondern besonders auch deshalb, weil das Spiegelroheisen die größte auflösende Kraft auf das Schmiedeeisen äußert, so daß selbst eine verhältnißmäßig weit größere Quantität des Roheisens ohne Spiegelflächen das Spiegelroheisen nur sehr unvollständig ersetzt. Ganz gute Güsse sind daher ohne Anwendung von Spiegelroheisen sehr schwer zu erhalten.

2) Die außerordentlich hohe Temperatur, welche das Stabeisen zum Schmelzen erfordert, schien es nothwendig zu machen, dasselbe nicht in zu starken Stücken in die Tiegel zu geben. Die ersten Güsse wurden daher mit Stabeisen gemacht, welches zu mittelmäßig starken Blechen ausgewalzt, und dann zerschnitten worden war. Als man aber die Erfahrung gemacht hatte, daß die Auflösung des Stabeisens in dem flüssigen Roheisen bald und ohne Schwierigkeit erfolge, und daß die Güsse durchaus gleichartig ausfallen, wendete man das Stabeisen zuerst in der Gestalt von zerstückten starken Blechen an, und unterließ bald das Ausstrecken zu Blechen gänzlich, indem sich ergab, daß die Schmelzung eben so schnell, und eben so vollständig erfolge, wenn das Stabeisen in Stücken von einem Kubikzoll Inhalt verwendet wird. Dadurch konnten die Zerstückelungskosten für das Stabeisen bedeutend vermindert, aber zugleich auch der noch größere Vortheil erreicht werden, das Eisen oxydfreier in die Beschickung zu geben, und den Inhalt der Tiegel besser zu benutzen, indem die sperrigen Blechabschnitzel die Benutzung des räumlichen Inhalts der Tiegel beschränkten.

3) Die größtmögliche Schmelzhitze ist zur Erlangung vollkommener Güsse und zur Darstellung homogener Gußstahlbarren durchaus erforderlich. Höchst feuerfeste und haltbare, dem Springen nicht unterworfene Tiegel sind bei der Gußstahlbereitung aus Roheisen und Stabeisen ein noch weit größeres Bedürfniß als bei dem Umschmelzen des schon fertigen Stahls. Je mehr Schmelzungen in ein und demselben Tiegel gemacht werden können, mit desto größerem ökonomischen Vortheil wird die Gußstahlbereitung ausgeübt werden.

4) Das Ausgießen des geschmolzenen Inhalts in die gußeiserne Form muß schnell erfolgen, damit die ganze Stahlmasse fast gleichzeitig erstarren kann. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß keine Schlacke aus dem Tiegel in die Form gelange, denn es fehlt an Zeit, damit sich die Schlacke von dem Gußstahl trenne; sie erstarrt unmittelbar in der Stahlmasse und giebt einen fehlerhaften Guß, indem sie bei dem Ausschmieden der Barren zum Aufreißen des Stabes und zu unganzen Stellen, die sich nicht wieder zusammenschweißen lassen, Veranlassung giebt.

Diesem Uebelstande kommt man am besten dadurch zuvor, daß man den Deckel vom Tiegel noch im Ofen auf die Seite schiebt und die Schlacke

mit einem löffelartigen Eisen rein von der Oberfläche abzieht. Der im Tiegel noch zurückbleibende kleine Rest kann dann bei dem Guß in gewöhnlicher Art leicht zurückgehalten werden.

5) Gußstahl, der im Tiegel langsam erkaltet und nicht in die Form gegossen wird, verliert allen Zusammenhalt, und zerfällt schon in der Rothglühhitze, unter dem Hammer oder unter dem Walzwerk. Der Grund dieses Erfolges scheint in der Ausbildung von Eisenkarbureten zu liegen, welche mit der übrigen Masse des nach dieser Ausbildung weniger Kohlenstoff enthaltenden Stahls nicht in Vereinigung bleiben.

6) Die Güsse müssen, wenn sie erkaltet sind, von allen rundlichen Gußstahlkörnchen, die an manchen Stellen wie Linsen an der Oberfläche des Gußstahlbarrens haften, durch Abmeißeln befreit werden. Wird diese Säuberung des Gußstückes unterlassen, so werden die Körnchen unter dem Hammer oder unter dem Walzwerk ausgedehnt und geben zu größeren und kleineren Kantenrissen Veranlassung.

7) Bei dem Anwärmen des gereinigten Gusses zur weitern Bearbeitung desselben muß eine hellrothe Glühhitze angewendet werden. Das Anwärmen kann nur sehr unvollständig in einem Herde vor dem Gebläse geschehen, weil die Erhitzung nicht hinreichend gleichmäßig erfolgt. Für den günstigen Erfolg des Ausschmiedens oder des Auswalzens ist eine möglichst gleichmäßige Erhitzung der Barre durch die ganze Masse hindurch eine höchst wesentliche Bedingung, welche sich nur durch die Anwendung eines gut construirten Flammofens erfüllen läßt. Am zweckmäßigsten wird diese höchst schwierige Operation in einem Flammofen mit Gasfeuerung bei einem geringen Ueberschuß von brennbaren Gasen auszuführen sein.

8) Zum Ausrecken der angewärmten Barren darf niemals ein zu leichter Wasserhammer angewendet werden, weil derselbe eine zu schwache Wirkung auf das Gußstück äußert. Nur in Ermanglung eines Dampfhammers oder eines Walzwerks würde das Ausrecken unter einem schweren Wasserhammer geschehen müssen. Immer ist die Walzarbeit dem Schmieden unter dem Hammer vorzuziehen *).

9) Die gegossenen Stahlbarren zeigten eine völlige Gleichartigkeit, die sich auch bei allen Güssen durch das Ausstrecken der Barren bewährte. Die Barren wurden zuerst zu einem etwa vier Fuß langen Quadratstabe ausgestreckt, und dieser dann nach abermaligem Anwärmen in die begehrte Façon gebracht. Der Stahl gestattete das Ausstrecken zu den feinsten Stahlblechen, ohne Kantenrisse zu erhalten.

10) Selbst bei der Bereitung des weichen Stahls, bei welchem die Tiegel mit 25 Pfund Eisen und 2 Pfund Spiegelroheisen besetzt wurden, erfolgte bei starker Schmelzhitze noch eine vollständige Auflösung des Stabeisens und ein gleichartiger Guß, obgleich der erhaltene Gußstahl nach

*) Diese Bemerkung Karsten's steht nicht ganz im Einklange mit andern, dem Verfasser bekannt gewordenen Erfahrungen.

der Berechnung kaum mehr als 0,6 Procent Kohle enthalten konnte. Den vorzüglichsten, festesten und härtesten Stahl geben die Güsse, bei welchen der Kohlgehalt des Gußstahls zu 1,5 bis 1,6 Procent berechnet worden war. Dazu wurden 24 oder auch 25 Pfund Stabeisen mit 8 Pfund Spiegelroheisen in die Tiegel eingetragen.

11) Wesentlich abweichend von dem raffinirten Roh- und Schmelzstahl läßt sich der Gußstahl, selbst der weiche, dessen Kohlengehalt 0,6 Procent beträgt, nur sehr schwer schweißen. Bei einem etwas höheren Kohlengehalt kann die Schweißung nur unter einer Decke von Borar erfolgen. Bei einem Kohlengehalt von 1,25 Procent hörte die Schweißbarkeit ganz auf. Wenn dies Verhalten auf der einen Seite die Gleichartigkeit des durch die Schmelzung erhaltenen Gußstahls bestätigt, so ist diese Eigenschaft des Gußstahls doch eine mangelhafte, welche er indessen mit dem englischen Gußstahl theilt, obgleich dieser eine etwas größere Schweißbarkeit besitzt.

12) Der Gußstahl verträgt nur eine geringe Härtehitze, und erlangt beim Härten einen sehr hohen Grad von Härte, aber auf Unkosten seiner Festigkeit. Die richtige Behandlung beim Härten würde noch erst ermittelt werden müssen.

13) Zu den feinsten schneidenden Werkzeugen, zu Feilen und zu Beuteln (Meißeln) läßt sich der Stahl recht gut verwenden. Für alle Zwecke, welche durch schnelle und starke Stöße erreicht werden müssen, hat der Gußstahl bisher noch nicht die gehörige Festigkeit gezeigt. Mit großer Härte ist leider noch ein großer Grad von Sprödigkeit verbunden.

14) Das eben (13) erwähnte Verhalten des Stahls läßt bei aller scheinbaren Gleichartigkeit dasselbe noch auf einen ungleichartigen Zustand der Gußstahlmasse schließen. Bestätigt wird diese Vermuthung dadurch, daß der Gußstahl nach dem Umschmelzen an Schweißbarkeit etwas gewinnt, und an Festigkeit neben großer Härte bedeutend zunimmt. Wenn es indessen nicht gelingen sollte, einen guten Gußstahl in allen Graden der Härte durch das einmalige Zusammenschmelzen von Stabeisen und Spiegelroheisen darzustellen, und man genöthigt wäre, die Mangelhaftigkeit des Produkts erst durch das Umschmelzen zu beseitigen, so würden ökonomische Vortheile bei diesem Verfahren schwerlich zu erlangen sein.

So weit der Bericht Karsten's, den wir hier wieder gegeben haben, da er so viele wichtige und interessante Mittheilungen über die Methode der Stahlerzeugung durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen und Roheisen enthält. Im Allgemeinen bemerken wir hierzu, daß sich dieser Art der Stahlproduktion sehr erhebliche Schwierigkeiten entgegenzustellen scheinen, welche besonders in der außerordentlich hohen Temperatur, welche zum Schmelzen des Schmiedeeisens nöthig ist, ihren Grund haben, und daß dem Verfasser nicht bekannt geworden ist, daß die erwähnte Art der Stahlerzeugung mit Erfolg bereits im Großen betrieben werde. Der mittlerweile in Aufschwung gekommene Prozeß des Stahlpuddelns scheint die Weiterführung jener ersten Versuche in den Hintergrund gedrängt zu haben,

obwohl es nicht an vielfachen Vorschlägen und Patenten gefehlt hat, welche Verbesserungen in dieser Methode zum Gegenstand haben. So hat man vorgeschlagen Stahl zu erzeugen, indem man

100 Theile Drehspähne von Schmiedeeisen,
28 „ „ „ grauem Gußeisen,
$2\frac{1}{4}$ „ Braunstein zusammenschmelzt; oder indem man in geschmolzenes Gußeisen Körner von Schmiedeeisen einmengt, auflöst und zusammenschmelzt.

Aus der obigen Bemerkung von Karsten scheint übrigens die Bestätigung der Ansicht zu folgen, daß man durch wiederholtes Umschmelzen die Qualität des Stahls verbessern könne.

Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Bemerkungen in §. 35, S. 224 über die Verbesserung der Qualität des Roheisens durch mehrfaches Umschmelzen. Die Mischung der einzelnen Atome Eisen und Kohlenstoff kann durch geschickt geleitetes Umschmelzen wesentlich vollkommener und inniger werden, das Produkt wird homogener und nimmt zu an Gleichmäßigkeit des Gefüges. Wir schließen uns daher vollkommen der von Karmarsch *) aufgestellten Ansicht an, daß dieses wiederholte sorgfältige Umschmelzen der vorzüglichste Grund sei, weshalb die sogenannten Legirungen von Stahl mit andern, namentlich mit edlen Metallen, eine so vorzügliche Qualität des Stahls liefern, und daß der Grund dieser Verbesserung der Qualität daher nicht in dem oft so sehr geringen Zusatz jener Metalle zu suchen sei. So hat man durch einen Zusatz von $\frac{1}{20}$ Procent Silber die Qualität des Stahls wesentlich zu verbessern geglaubt, allein der hierdurch erzeugte sogenannte Silberstahl wird in England schon längst ohne allen Zusatz von Silber erzeugt. Dasselbe mag von dem Nickelstahl oder Meteorstahl gelten, welcher durch ein ziemlich complicirtes Verfahren erhalten wird: man schmelzt nämlich 24 Theile Zink, 4 Theile Nickel und 1 Theil Silber in einem verschlossenen Tiegel unter einer Decke von Kohlenpulver, gießt die erhaltene Legirung in geschmolzenem Zustande in Wasser, um sie fein zu zertheilen und schmelzt sodann 8 Theile dieser Legirung mit 6 Theilen Chromeisenstein in gepulvertem Zustande, 2 Theilen ungelöschtem Kalk, 2 Theilen Porzellanthon und 384 Theilen Rohstahl, welcher durch Cementation dargestellt worden, zusammen.

Die Legirung des Stahls mit Kupfer, und zwar im Verhältniß von 3 Theilen Stahl und 1 Theil Kupfer, ist als gelber Stahl bekannt geworden, und von Fischer in Schaffhausen erfunden worden; sie soll sich dadurch auszeichnen, daß sie weniger leicht rostet, als die andern Stahlsorten.

§. 41.

Härten, Anlassen, Ausglühen, Verbrennen, Regeneriren des Stahls.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Stahls ist die Fähigkeit durch gewisse Operationen eine außerordentliche Härte anzunehmen und dieselbe durch andere Operationen wieder theilweise oder ganz aufzugeben.

*) Mech. Techn. I. S. 31.

Wenn Stahl rothwarm gemacht und dann plötzlich in kaltes Wasser getaucht wird, so wird derselbe hart und brüchig, aber gerade in diesem Zustande besitzt er eine größere Elasticität, als fast alle andern spröden Metalle. Diese eigenthümliche Härte kann dem Stahl an der erhitzten Stelle nicht theilweise, sondern stets nur in voller Ausdehnung ertheilt werden*). Diese Thatsache erhellt daraus, daß in einem Stück Stahl, welches an einem Ende auf die genannte Weise erwärmt und dann plötzlich abgekühlt worden ist, neben der größten Härte die unmittelbar angrenzenden Stellen ganz weich geblieben sind, ohne daß man irgend eine Abstufung oder irgend einen Uebergang durch allmählige Abnahme der Härte bemerken kann.

Obgleich nun dem Stahl auf einmal nur volle Härte gegeben werden kann, so kann man doch diese Härte durch ein neues Verfahren in jedem beliebigen Grade wieder vermindern, das heißt ein gewisser Theil der Härte kann dem Stahl durch Anwendung einer mäßigen Erwärmung und langsamer Abkühlung wieder entzogen werden, und zwar so, daß der Grad der Härteverminderung wesentlich von dem Temperaturgrade der Erwärmung abhängt, die man von Neuem angewendet hat. Dies Verfahren nennt man Anlassen, Nachlassen oder Tempern (to temper) des Stahls. Das Nachlassen des Stahls kann so weit getrieben werden, daß derselbe wieder dieselbe Weichheit annimmt, die er vor dem Härten besaß, wenn man ihn nämlich wieder bis zu derselben Rothglühhitze erwärmt und dann allmählig abkühlen läßt; man sagt dann der Stahl werde wieder weich gemacht (softened).

Das Weichmachen (softening) des Stahls ist zu unterscheiden von dem Ausglühen (annealing). Das Ausglühen ist nämlich eine ganz ähnliche Operation, nur ist ihr Zweck und ihr Grund ein anderer. Stahl, Eisen, Messing und andere Metalle werden nämlich erwärmt und dann langsam abgekühlt, um die Spannung der einzelnen Moleküle, welche durch Hämmern, Walzen, Ziehen, Gießen oder auf andere Weise entstanden ist, wieder zu beseitigen. Will man Stahl härten, so ist es sehr wichtig, daß er vorher schon möglichst dicht sei, da er in demselben Maaße härter wird, je dichter er vor dem Härten schon war. Da nun das Ausglühen mit der Spannung der einzelnen Moleküle auch die Dichtigkeit derselben vermindert und zwar in um so höherem Grade, je höher die Temperatur der Erwärmung war, so ist es sehr wichtig den Stahl zum Zwecke des Härtens so wenig als seine Beschaffenheit es nur zuläßt, zu erwärmen, um so viel Dichtigkeit der Moleküle zurückzubehalten, als nur immer möglich. Hierbei kommt der Umstand vorzüglich zu statten, daß, je dichter der Stahl ist, um so geringer die Temperatur sein kann, welche zum Härten erforderlich ist, und um so größer die Härte und Zähigkeit wird, welche der Stahl durch das Härten annimmt. Wenn aber bei der Erwärmung eines Stahlstückes von bestimmter Dichtigkeit behufs des Härtens die hierzu erforderliche Temperatur einmal überschritten ist,

---

*) Vergl. hierüber und über einige andere in diesen Paragraphen enthaltene Mittheilungen eine Abhandlung in „The Engineer and Machinists Assistant.“ London 1854. Blackie and Son.

so härtet dasselbe niemals wieder bei demselben Temperaturgrade, sondern stets nur bei einem höheren, es sei daß man die Dichtigkeit, welche es ursprünglich besaß, mit allen ihren Vortheilen erst wieder durch erneutes Hämmern u. s. w. wieder hergestellt habe.

Da der Stahl ein Kohlenstoff enthaltendes Eisen ist, und da bei einer hohen Temperatur, namentlich unter dem Zutritt der Luft, der Kohlenstoff entweicht und verbrennt, so verliert der Stahl seine Eigenthümlichkeiten und verwandelt sich in Schmiedeeisen, wenn er zu stark erhitzt wird. Man bezeichnet diesen Vorgang als Verbrennen des Stahls besser als Ueberhitzen des Stahls. Hieraus folgt, daß man bei der Erhitzung des Stahls, sei es zum Zwecke des Härtens, des Schmiedens oder des Schweißens, nicht vorsichtig genug sein kann, um eine zu große Hitze zu vermeiden, daß man die Bearbeitung des Stahls mit einer möglichst geringen Anzahl von Hitzen und bei einer so geringen Temperatur als möglich vornehmen sollte, und daß bei guten und feinen Stahlwaaren der hierdurch bedingte größere Aufwand an Zeit und Arbeit durch die bessere Conservirung der Qualität des Stahls meistens aufgewogen wird. In offenen Schmiedefeuern ist es äußerst schwer die Hitze gehörig zu treffen, besonders bei kleinen und dünnen Stahlwaaren, wie Schneidewerkzeuge und andere Instrumente, und man wendet in solchen Fällen mit großem Vortheile Muffeln an, um die Gegenstände zu erwärmen. Dies hat noch den Vortheil, daß die Stahlstücke vor der directen Einwirkung der Gebläseluft und der Kohlen geschützt werden. Ein an einem Ende verschlossener schmiedeeiserner Gewehrlauf bietet in vielen Fällen für kleine Gegenstände eine vorzügliche Muffel dar, und ist wegen der größern Haltbarkeit andern Muffeln aus Gußeisen oder aus Thon vorzuziehen. Als Brennmaterial beim Erwärmen des Stahls eignen sich am besten Holzkohlen oder Kokes, Steinkohlen wirken wegen der sich bildenden schwefligsauren Gase schädlich auf die Eigenschaften des Stahls.

Wenn der Stahl verbrannt ist, so ist es äußerst schwer ihn wieder herzustellen (zu regeneriren) und obwohl man eine außerordentliche Menge von Mitteln hierzu in Vorschlag und in Anwendung gebracht hat, so existirt doch keines, welches ganz unfehlbar wäre. Die wichtigsten Mittel zur Regeneration des Stahls, welche man in Anwendung gebracht hat, sind folgende:

Holzapfel*) giebt an, daß man verbrannten Stahl dadurch wieder herstellen könne, daß man ihn vier- oder fünfmal nacheinander erwärmt, jedesmal in Wasser taucht, dabei die Erwärmung zuerst bis nahe zu der Hitze bringt, durch welche er verdorben ist, bei jeder folgenden Erwärmung diese Hitze allmählig vermindert, und schließlich den Stahl bei gewöhnlicher Rothglühhitze tüchtig hämmert.

Ein anderes von Schnedermann im Namen der technischen Deputation in Chemnitz empfohlenes Mittel ist folgendes **): 1 Pfund Talg, 1/4 Pfund schwarzes Pech werden geschmolzen und 3/4 Pfund Salmiak, 1/4 Pfund Blutlaugensalz, 3 Loth schwarzer Pfeffer, 2 Loth Seife, eine Hand-

---

*) Vergl. Holzapfel's Mechanical Manipulation pp. I. S. 230.

**) Polytechnisches Centralblatt 1850. S. 235.

voll Kochsalz, alles gepulvert der geschmolzenen Masse zugesetzt. Statt dieses Receptes kann man auch 10 Pfund Harz, 5 Pfund Fischthran, 2 Pfund Talg und 8 Loth Asa fœdita zusammenschmelzen. In die genannten Mischungen soll man den Stahl in rothglühendem Zustande mehrmals eintauchen und ihn dann erkalten lassen, worauf zuletzt noch eine gewöhnliche Härtung mit gehöriger Vorsicht erfolgt.

Malberg *) hat dieses Verfahren ebenfalls erprobt und bewährt gefunden, er glaubt aber die Wirksamkeit nicht in den abenteuerlich zusammengemischten Substanzen, sondern vielmehr in dem Temperaturgrade des geschmolzenen Gemisches zu finden, welcher 100 bis 120 Grad Reaumur betrug, nachdem der rothglühende Stahl mehrmals darin eingetaucht worden war. Malberg stellte daher seinen Versuch mit reinem Wasser an, welches in einem kupfernen unverschlossenen Gefäß über offenem Feuer bis zum Aufwallen (70 bis 75 Grad R.) erwärmt worden war, und in welches der zur Rothglühhitze erwärmte Stahl 3 bis 4 Male eingetaucht wurde. Ein Härten des Stahls wurde hierdurch nicht bewirkt, vielmehr behielt derselbe seine volle Weichheit und Geschmeidigkeit, dagegen wurden genau dieselben Resultate erreicht, welche durch Anwendung der von Schnedermann empfohlenen Mischungen erzielt wurden. Gußstahl bis zu 1 Zoll im Quadrat, welcher so stark verbrannt worden war, daß das Ende abschmolz, und daß derselbe beim Ueberbrechen über die Amboskante ein grobes, sehr offenes Korn zeigte, wurde durch viermaliges Erhitzen und Eintauchen in kochendes Wasser, sowie nach demnächstigen Härten unter Anwendung der Rothglühhitze und des kalten Wassers von 13 bis 14 Grad R. so vollständig regenerirt, daß das Korn von solcher Feinheit und Dichtigkeit wurde, wie es zur Anwendung für schneidende Instrumente gerade wünschenswerth ist. Malberg schließt aus seinen Versuchen, daß dem Verbrennen des Stahls nicht, wie man gewöhnlich angenommen hat, eine Verminderung von Kohlenstoffgehalt, sondern eine mechanische Aenderung seines Gefüges zum Grunde liege.

Die auf Veranlassung von Malberg in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin fortgesetzten Versuche über diesen Gegenstand haben folgende Resultate ergeben:

Versuche mit vier Sorten deutschem Schweißstahl, mit zwei Sorten deutschem Gußstahl und mit englischem Gußstahl von sehr verschiedenen Dimensionen zeigten, daß das Korn des verbrannten und demnächst nach dem Malberg'schen Verfahren regenerirten Stahls oft feiner und anscheinend besser geworden war, als das des ursprünglichen Bruches, ebenso verhielt es sich mit dem Korne des verbrannten, dann regenerirten und gehärteten Stahls, im Vergleich mit dem vor dem Verbrennen gehärteten Stahls. Eine dreimalige Eintauchung des rothglühend gemachten Stahls erwies sich in fast allen Fällen als ausreichend; und besonders geeignet erschien das Verfahren bei Gegen-

*) Vergl. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen 1853, S. 30. worin eine ausführliche Abhandlung von Malberg über diesen Gegenstand enthalten ist.

ständen aus Gußstahl, welche bei dem Zusammenschweißen mit Schmiedeeisen wegen der hohen Temperatur, welche die Schweißhitze des Schmiedeeisens hat, verbrannt worden waren. Die Anwendung von Brunnenwasser und von destillirtem Wasser zeigten in den Erfolgen keinen Unterschied, ebenso ergab sich, daß wenn man anstatt des Wassers Quecksilber von 80 Grad R. anwendete, der Erfolg noch immer derselbe blieb.

§. 42.

Verfahrungs-Methoden beim Härten des Stahls.

Das Härten des Stahls bietet zwei hauptsächliche Bedingungen dar, auf welche wir unsere Aufmerksamkeit zu richten haben:

1) die Mittel und das Verfahren dem Stahl den erforderlichen Hitzegrad zu ertheilen;
2) die Mittel und das Verfahren den Stahl schnell abzukühlen.

1) Erwärmung des Stahls behufs des Härtens.

Kleine Gegenstände, z. B. Bohrer für Uhrmacher u. s. w., werden erwärmt, indem man sie in den blauen Theil einer Kerzenflamme hält, wobei man sie auf ein Stück Holzkohle auflegt. Etwas größere Gegenstände erhitzt man vor dem Löthrohr, indem man die Spitzflamme sehr schräge und etwas unter den zu erhitzenden Punkt richtet. Andere Gegenstände von etwas größerem Umfange erhitzt man entweder in offenem Holzkohlenfeuer, welches man mittelst eines Fächers anfacht, und bei noch größern Sachen benutzt man eine Schmiedeesse mit Holzkohlenfeuerung und mäßigem Gebläse.

Es ist schon oben (S. 263) angeführt, daß man sich mit Vortheil der Muffel bediene, um stählerne Gegenstände zu erwärmen, dies wird fast unumgänglich nöthig, wenn man sehr lange und dünne Gegenstände zu härten hat. An Stelle der Muffel kann man sich auch einer Büchse aus Schwarzblech bedienen, in welche man die Stahlstücke einpackt, worauf man die Büchse luftdicht verschmiert. In allen Fällen muß man die Stahlstücke vor unmittelbarer Berührung mit der Kohle zu schützen suchen, und man hängt sie daher zuweilen an Drähten auf und umbaut sie mit Kohlenklein.

Die Hitze darf nicht zu intensiv gegeben werden und die Stücke dürfen nicht zu schnell erhitzt werden; man darf daher vor dem Einbringen der zu härtenden Stahlstücke das Feuer nur ebenso viel anblasen, als erforderlich ist, um es in Gang zu bringen; erst nach dem Einsetzen des Stahls in die Esse oder in die Muffel verstärkt man langsam und allmählig die Hitze.

Es kommt ferner darauf an, daß die Erwärmung des zu härtenden Stückes möglichst gleichmäßig erfolge, und auch hierzu ist eine Muffel oder eine Büchse sehr geeignet. Erwärmt man in einer Kerzenflamme oder an dem Löthrohr, so bewegt man die Gegenstände langsam hin und her.

Was den Temperaturgrad anbetrifft, welcher erforderlich ist, um die nöthige Härte zu erzeugen, so ist derselbe wesentlich von der Qualität des

Stahls abhängig. Je kohlenstoffreicher der Stahl ist, desto geringer ist die Hitze, welche er zum Härten erfordert, und die feinsten und besten Stahlsorten bedürfen nur einer sehr schwachen Rothglühhitze, welche bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung kaum sichtbar ist. Die richtige Temperatur zu treffen ist von der größten Wichtigkeit, erfordert viel Uebung und Gewandtheit des Arbeiters; es ist dabei zweckmäßig das Härten in einem vollkommen dunklen Raume vorzunehmen, damit die wechselnde Tagesbeleuchtung den Arbeiter nicht über die Farbe des Glühens täusche, weil er nach dieser Farbe die Temperatur des Stahls beurtheilt.

Als allgemeine Regel mag hier aufgestellt werden, daß man den Stahl immer bei der geringsten Temperatur härten sollte, welche zulässig ist, daß diese Temperatur stets nur wenig höher sein sollte, als diejenige, welche später für das Nachlassen des Stahls erforderlich ist, und endlich daß es weniger schadet, wenn man die Temperatur zu niedrig gegriffen hat, als wenn man die zulässige Temperatur überschritten hat.

Zur Erreichung einer möglichst gleichförmigen und möglichst richtigen Temperatur für englischen Gußstahl hat man den zu erwärmenden Stahl in ein Bad von geschmolzenem Blei getaucht. Das geschmolzene Blei wird bis zur schwachen Rothglühhitze erwärmt und gehörig umgerührt, worauf man den Stahl einige Secunden lang eintaucht, und zwar erkennt man den geeigneten Zeitpunkt, wo der Stahl die richtige Temperatur angenommen hat, daran, daß wenn man den Stahl bis nahe zur Oberfläche emporhebt, diese nicht weniger leuchtend erscheint, als der übrige Theil. Der Stahl wird hierauf in dem Metallbade schnell herumgerührt, herausgenommen und in ein möglichst großes Gefäß mit Wasser eingetaucht. Auf diese Weise hat man eine Stahlplatte von geringer Dicke vollkommen hart gemacht, wobei sie so ganz geblieben, daß sie geklungen hat wie eine Glocke *).

2) Abkühlung des Stahls behufs des Härtens.

Um den Härteprozeß zu vollenden ist es nöthig, irgend ein abkühlendes Medium anzuwenden, durch welches die Wärme des erhitzten Stahls so schnell als möglich abgeleitet wird. Als solche Abkühlungsmittel hat man Ströme kalter Luft, flache Metalloberflächen, Eintauchen in kaltes Wasser von mancherlei Beschaffenheit (Härtewasser), in Oel, in Wachs, in Frostmischungen, in Quecksilber u. s. w. in Anwendung gebracht. Alle diese Mittel haben mehr oder weniger Erfolg gegeben, je nach dem Grade ihrer Wärmeleitungsfähigkeit und ihrer Wärme-Capacität. Obenan steht in dieser Beziehung das Quecksilber, nicht nur wegen seiner großen Wärmeleitungsfähigkeit, sondern auch, weil es nicht wie das Wasser Dämpfe bildet, welche nach dem bekannten Versuch von Leidenfrost eine förmliche Isolirung des eingetauchten Metalls vom Wasser bewirken. Nach dem Quecksilber kommen Lösungen von Kochsalz, Salmiak, Soda u. s. w. in Wasser, dann Wasser, welches mit Säuren angemacht ist (etwa $^1/_3$ Procent Säure), sodann

*) Martin's Circle of the Mechanical Arts p. 461 und 462.

reines kaltes Wasser und zuletzt Oel und Oelmischungen; Seifenwasser sowohl kalt als warm, und warmes Wasser sind ganz ungeeignet zum Härten. Die Auflösungen von Salzen in Wasser, sowie der Zusatz von Säuren können nur dadurch den Werth des Härtewassers verbessern, daß sie mit der Dichtigkeit die Wärmeleitungsfähigkeit desselben vermehren und die Dampfbildung vermindern; dagegen haben sie den Nachtheil, daß darin gehärtete Gegenstände Neigung zum Rosten haben. Dies würde aber durch Anwendung von Kalkwasser, oder durch Anwendung irgend eines andern neutralen Körpers anstatt der Säuren oder der obengenannten Salze vermieden werden können.

Legrip *) hat verschiedene Recepte von künstlich hergestellten Härtewassern gesammelt, welche zeigen, daß man oft die heterogensten Dinge zusammengethan hat, um ein gutes Härtewasser zu erreichen; andererseits zeigen aber auch die Versuche, welche derselbe, von einem geschickten Messerschmied unterstützt, mit gegen 200 Stück verschiedener Klingen von Federmessern, großen und kleinen Taschenmessern, Küchenmessern, Fleischmessern u. s. w. angestellt hat, daß das destillirte Wasser im Allgemeinen ein besseres Härtemittel ist, als alle diese künstlichen Compositionen.

Wir lassen die wichtigsten Resultate hier folgen:

Resultate beim Härten der Stahlklingen in verschiedenen Härtewassern nach Versuchen von Legrip.

1) Kalkhaltiges Brunnenwasser.

Undichter Stahl, starke Härtung, die Stücke sehr verworfen oder verzogen, keine zerbrochen; es ist ein Anlassen erforderlich.

2) Dasselbe Wasser mit so viel Pottasche, daß der Kalk daraus niedergeschlagen wird.

Hoher Härtegrad, undichter Stahl, die Stücke wenig verworfen, keine Klinge zerbrochen; ein geringes Anlassen erforderlich.

3) Dasselbe Wasser mit $\frac{1}{40}$ Pfund einfach kohlensaurem Kali auf 1 Pfund Wasser.

Minder weißer Stahl, starke Härtung, sehr verworfene Stücke, keine zerbrochenen Klingen; ein geringes Anlassen erforderlich.

4) Flußwasser.

Undichter Stahl; so starke Härtung, daß etwas Anlassen erforderlich ist; einige Stücke etwas verworfen, keines zerbrochen.

5) Dasselbe Wasser mit $\frac{1}{40}$ Pfund Blutlaugensalz auf 1 Pfund Wasser.

Bedeutende Härtung, undichter Stahl, einige Stücke verworfen, kein Bruch; außer der Verwerfung würde dies Resultat sehr befriedigend sein.

6) Dasselbe Wasser mit $\frac{1}{40}$ Pfund einfach kohlensaurem Kali auf 1 Pfund Wasser.

---

*) Vergl. Journal de Chimie medicale, Juli 1853. S. 448, und Dingler's polytechnisches Journal 1854. Band 131 (1854) S. 28.

Sehr loser (undichter Stahl), starke Härtung, welche ein Anlassen erfordert; einige große Klingen waren verworfen, keine zersprungen.

7) Dasselbe Wasser mit $\frac{1}{40}$ Pfund reiner Kaliseife auf 1 Pfund Wasser.

Wenig loser Stahl, schwache Härtung, das Anlassen nicht vertragend; einige Klingen hatten sich verzogen, zwei waren zerbrochen.

8) Destillirtes Wasser.

Sehr loser Stahl, schöne und gute Härtung, nur ein Stück hatte sich etwas verzogen. Die Härtung ist so stark, daß sie ein geringes Anlassen erfordert.

9) Starker Luftstrom.

Schwarzer Stahl, keine Brüche, zwei große Klingen hatten sich etwas verzogen. Die Härtung war bedeutend genug, um ein Anlassen zu ertragen.

Die Fabrikanten der englischen Feilen wenden eine eigenthümliche, ziemlich geheim gehaltene Härtemethode an. Das Abkühlungsmittel soll eine gesättigte Salzlösung sein, welcher ein wenig weißer Arsenik zugesetzt ist. Man glaubt, daß ein sehr kleiner Theil dieses Arseniks beim Härten eine Verbindung mit dem Stahl eingehe und daß dies der hauptsächlichste Grund der außerordentlichen Härte der englischen Feilen sei. Die berühmten Feilen von Raoul in Paris, welche noch die besten englischen Feilen übertreffen, werden dadurch gehärtet, daß man die ziemlich dünnen Stahlstücke auf eine zur Rothglühhitze erwärmte Eisenplatte legt, um sie möglichst gleichförmig anzuwärmen, und dann in eine eigenthümliche Flüssigkeit eintaucht, welche auf folgende Weise bereitet wird. 2 Pfund Hammelfett (nicht ausgelassenes, sondern rohes dünn geschnitten), 2 Pfund Schweinespeck und $\frac{1}{8}$ Pfund weißer Arsenik in Pulverform werden in einem eisernen Gefäß mit einem passenden Deckel so lange gekocht, bis alle Feuchtigkeit entfernt ist. Vor dem Gebrauch wird die Masse geschmolzen; sowohl bei dem Kochen des Gemenges als beim Eintauchen des erwärmten Stahls in dieser Flüssigkeit muß man wegen der sich bildenden Arsenikdämpfe große Vorsicht beobachten und diese Operationen wenigstens unter einem Rauchfange mit Luftzug vornehmen.

Oel und Talg sind oben als die am wenigsten abkühlenden Härtemittel angegeben worden, man wendet sie nur bei Gegenständen von geringen Dimensionen an, indem man z. B. kleine Uhrmacherwerkzeuge, die man in einer Talgkerze erwärmt hat, sofort durch Einstecken in das Talg der Kerze abkühlt; auch pflegt man zuweilen eine Lage von Fett, Talg oder Oel auf das Härtewasser zu gießen, um die zu härtenden Gegenstände zuerst in dieser Schicht, dann erst in Wasser abzukühlen.

Das Eintauchen des zu härtenden Gegenstandes in die Härteflüssigkeit erfolgt am besten in vertikaler Richtung, weil dann alle Theile desselben sehr gleichmäßig mit der Flüssigkeit in Berührung kommen und Ungleichförmigkeiten in der Abkühlung besser vermieden werden, als wenn der Gegenstand schräge oder von der Seite eingetaucht wird. In seltenen Fällen macht man von dieser Regel eine Ausnahme, so werden z. B. Säbel u. dgl. in der Weise ein-

getaucht, als ob man mit dem Rücken der Klinge einen scharfen Hieb in das Wasser machen wollte. Flache Gegenstände werden auf der hohen Kante, würfelförmige Gegenstände stets mit einer der Ecken, niemals mit der Fläche zuerst eingetaucht. Es ist bei dem Eintauchen nicht nöthig, daß der Stahl unmittelbar mit der Härteflüssigkeit in Berührung kommt. Zarte Gegenstände, welche man auch schon behufs des Erwärmens in eine luftdicht verschmierte Büchse einpackt, werden nicht selten mit dieser Büchse zusammen in das Wasser gesteckt. Manche Mechaniker haben die Gewohnheit, den Stahl vor dem Anwärmen mit einem dünnen Ueberzuge von Lehm zu versehen und ihn mit diesem nachher in die Flüssigkeit einzutauchen; auch wendet man für den Ueberzug einen Brei aus Roggenmehl und Kochsalzauflösung an, mit welchem man den Gegenstand anstreicht, und den man dann bei mäßiger Wärme darauf trocknen läßt. Jedesmal muß man das Stahlstück so weit eintauchen, als es warm gemacht ist.

Sollen einzelne Theile eines zu härtenden Gegenstandes weich bleiben und an der Härtung nicht Theil nehmen, während die benachbarten Theile gehärtet werden, so pflegt man selbige mit einer dicken Thonschicht zu bedecken, damit sie beim Anwärmen nicht warm werden und damit beim Ablöschen die Flüssigkeit von denselben abgehalten werde. Zuweilen hüllt man solche reservirte Theile in Kiehnruß ein, welcher eine geringe Leitungsfähigkeit besitzt; so kann man z. B. die Schraube einer Drehbank-Kernspitze, welche weich bleiben muß, während die Spitze selbst gehärtet wird, mit einer Blechhülse umgeben, den Zwischenraum zwischen der Hülse und der Schraube mit Kiehnruß ausstopfen und die Oeffnung der Hülse mit einem metallenen Stöpsel verschließen.

Taucht man den Stahl in die Härteflüssigkeit, so muß er eine möglichst metallisch reine Oberfläche besitzen. Man muß daher nicht nur beim Erwärmen den Stahl vor der Bildung einer Oxydhaut, namentlich des Glühspahns schützen, sondern auch die Bildung von Schlacken durch das Brennmaterial zu verhüten suchen, weil beide schlechte Leiter sind und die plötzliche Abkühlung verzögern. Hat aber Eins oder das Andere stattgefunden, so muß der Stahl sorgfältig von den Schlacken oder dem Glühspahn vor dem Eintauchen gereinigt werden. Zu dem Zwecke haben die Arbeiter häufig eine Platte mit Sand beschüttet, auf welcher sie den Gegenstand, wenn er aus dem Feuer genommen, schnell abscheuern. Es ist daher eine nicht zu empfehlende Methode Stichel und andere Werkzeuge unmittelbar nach dem Schmieden, und indem man dieselbe Hitze benutzt, zu härten, weil sich beim Schmieden immer Glühspahn bildet. Will man dies Verfahren dennoch beibehalten, so sollte man wenigstens nach dem Schmieden den Gegenstand auf einem Schleifstein leicht abziehen, bevor man ihn in das Wasser taucht.

Das Härtewasser muß in reichlicher Menge von möglichst constanter Temperatur vorhanden sein, und der zu härtende Gegenstand wird so viel als möglich an seiner Oberfläche mit dem Härtewasser in Berührung gebracht. Man hat daher, wo viel gehärtet wird, das Wasser in einem Härtetrog, der mit continuirlichem Zufluß und Abfluß versehen ist.

Auf dem durch seine Maschinentheile von gehärtetem Gußstahl renommirten Karlswerk bei Neustadt-Eberswalde hat man zum Härten einen artesischen Brunnen, welcher zu allen Jahreszeiten eine Temperatur von + 8° R. besitzt; das Wasser wird in die Härtehütte geleitet, welche dunkel ist, um die Farbe des Glühens gehörig beobachten zu können, das Anwärmen der Stahlstücke geschieht in einem Glühofen.

Um den zu härtenden Gegenstand möglichst vollkommen mit immer neuen Wassertheilchen in Berührung zu bringen, rührt man mit demselben in dem Wasser herum, oder läßt auch wohl das Wasser aus einer Röhrenleitung darauf brausen. Um z. B. die Walzen, welche zum Uebertragen der Zeichnung auf die Stahlplatten für die englischen Banknoten dienen, zu härten, wandte Oldham ein Gefäß mit doppeltem Boden an; der obere Boden war mit feinen Oeffnungen versehen, das Wasser trat zwischen beiden Böden ein, umspülte den zu härtenden Gegenstand und floß oben, nachdem es sich erwärmt hatte, wieder ab. In ähnlicher Weise werden Münzstempel gehärtet, man läßt das Wasser unter einem Druck von etwa 40 Fuß Wassersäule durch eine zu regulirende Oeffnung austreten und richtet den Strahl gegen die Mitte des Stempels.

Der plötzliche Wechsel der Temperatur, welcher beim Härten erfolgt, kann nicht verfehlen mancherlei Uebelstände herbeizuführen, durch welche der Erfolg des Härtens unsicher und der Gegenstand selbst oft unbrauchbar wird. Zu diesen Uebelständen gehört zunächst die oft eintretende Formveränderung (Werfen, Ziehen, Verziehen, Windschiefwerden), sodann das Reißen oder Bersten und endlich das Springen oder Platzen des zu härtenden Gegenstandes.

Alle diese Uebelstände rühren von der Zusammenziehung her, welche mit der Abkühlung verbunden ist. Dünne Theile werden früher kalt und hart als die benachbarten dicken Theile; die Oberfläche früher als das Innere dicker Körper, die Ecken und Kanten früher als die angrenzenden Theile. Sobald ein Theil hart und kalt geworden, hindert er entweder den benachbarten Theil sich nach allen Richtungen zusammenzuziehen und zwingt ihn nun nach den nicht behinderten Richtungen zu schwinden, oder er preßt auf den noch weichen Theil des Stahlstückes und gibt demselben eine Formveränderung, indem er ihn nach gewissen Richtungen herausdrängt. Immer entsteht hiedurch eine Spannung der einzelnen Moleküle, die oft die Festigkeit überwindet, und dann entweder nur leichte Risse (Borsten, Hartborsten, Hartrisse) zur Folge hat, oder auch eine gänzliche Zertrümmerung des Stückes herbeiführt. Nicht selten erfolgt diese Zertrümmerung erst nach mehrern Stunden und zuweilen ganz in Form einer Explosion, indem die Stücke mit einem lauten Krach reißen und umherfliegen.

Gegen diese Uebelstände hilft meist nur: die Verwendung einer Stahlsorte von möglichst gleichförmigem Gefüge, die Proportionirung der einzelnen Theile so, daß nicht Stücke von sehr verschiedenen Dicken zusammen kommen, die Anordnung von Durchbohrungen und Durchbrechungen, welche dem Härtewasser den Zutritt in das Innere gehörig gestatten,

das Verdichten der Oberfläche, oder der Theile, welche dem Reißen ausgesetzt sind, durch Hämmern oder Walzen vor der Erwärmung, und endlich und ganz besonders Uebung und Geschicklichkeit. Außerdem hat man noch mancherlei Mittel in Vorschlag gebracht, um das Springen zu verhüten. Die englischen Feilenmacher z. B. beobachten die Vorsicht, die Feilen vor dem Erwärmen durch Bärme oder Bierhefe zu ziehen und sie sodann in einer Mischung von Kochsalz und thierischer Kohle zu wälzen.

§. 43.

Verfahrungs-Methoden beim Anlassen des Stahls.

Es ist eine bereits erwähnte eigenthümliche Thatsache, daß der Stahl durch dieselben Mittel wieder weich gemacht werden kann, durch welche man ihn gehärtet hat. Dieses Anlassen oder diese Verminderung der Härte wird bewirkt, indem man den Gegenstand bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt, und dann langsam abkühlen läßt. Die Bestimmung dieser Temperatur ist lediglich Sache der Erfahrung und jeder Arbeiter, welcher im Anlassen des Stahls einige Uebung hat, wendet dazu einen solchen Wärmegrad an und sucht diesen Wärmegrad durch solche äußere Zeichen zu erkennen, wie sie eben seiner eigenen Erfahrung entsprechen. Im Allgemeinen lassen sich jedoch zwei Haupt-Methoden im Verfahren des Anlassens unterscheiden:

1) das Verfahren des Abbrennens;
2) das Verfahren die Temperatur durch die Anlaßfarben zu bestimmen.

Bei beiden Methoden ist festzuhalten, daß die Verminderung der Härte des gehärteten Stahls um so beträchtlicher ist, je höher die Temperatur war, bis zu welcher man ihn behufs des Anlassens erwärmt hat, und von welcher aus man den Stahl allmählig abkühlen läßt.

Das Anlassen durch Abbrennen.

Der Gegenstand wird mit Talg oder Oel eingerieben und über eine Flamme gehalten bis sich reichlich Dämpfe entwickeln, dies hält man für ein Zeichen, daß die Temperatur 186 Grad C. erreicht hat.

Will man die Härte noch weiter nachlassen, so wartet man, bis der Talg oder das Oel anfängt zu brennen. Diese Methode ist im Allgemeinen ziemlich unsicher und unvollkommen, da sie keinen vollständigen Schluß auf die Temperatur gestattet, die der Stahl selbst wirklich angenommen hat, indessen ist sie doch in vielen Fällen üblich und für manche Arten gehärteter Stahlwaaren sogar ausschließlich im Gebrauch.

Hat man eine größere Anzahl von Gegenständen gleichzeitig abzubrennen, so kann man zweckmäßig folgendes Verfahren anwenden. Die Gegenstände werden, so unregelmäßig und verschieden auch ihre Form sein mag, in ein hinreichend großes Gefäß getaucht, welches mit Talg oder mit Oel angefüllt ist, so daß die Gegenstände ganz damit gedeckt sind. Nun bringt man das ganze Gefäß auf das Feuer und beurtheilt den Wärmegrad nach folgenden Anzeichen:

Wenn der Talg zuerst anfängt zu rauchen, so bezeichnet dies denselben Temperaturgrad, welcher (siehe unten) der strohgelben Farbe entspricht; wenn der Rauch reichlicher und dichter aufsteigt, so entspricht dies einer goldgelben Anlaßfarbe; wenn der Talg so weit erhitzt ist, daß er einen schwarzen Rauch und in sehr reichlichem Maaße entwickelt, so entspricht dies der Purpurfarbe. Der nächste Wärmegrad wird dadurch bezeichnet, daß der Talg anfängt Feuer zu fangen, wenn man sich mit einem Licht demselben nähert, doch so, daß er noch nicht im Stande ist weiter zu brennen, wenn man das Licht wieder entfernt; dies entspricht der blauen Anlaßfarbe. Wenn endlich die ganze Talgmasse in Brand geräth, so entspricht dies etwa dem geringsten Grad der Rothglühhitze, welche nur an einem dunkeln Orte sichtbar ist.

Das Anlassen mittelst der Anlaßfarben.

Ein sicheres Mittel die Temperatur des behufs Anlassens erwärmten Stahls zu bestimmen sind die sogenannten Anlaß- oder Anlauffarben. Der Stahl nämlich verhält sich beim Erwärmen ähnlich, wie das Eisen, indem er mit der Zunahme der Temperatur eine gewisse Reihefolge von bestimmten Farben zeigt.

Diese Farben geben freilich immer nur für eine näherungsweise Bestimmung der Temperatur einigen Anhalt, da verschiedene Stahlsorten dieselben Farben bei verschieden hohen Temperaturen zeigen, indessen gewähren sie doch immer ein ziemlich brauchbares Mittel, um den Grad des Anlassens zu bestimmen.

Je gleichmäßiger die Beschaffenheit und je sorgfältiger die Erwärmung des Stahls erfolgt, desto gleichmäßiger erscheinen die Anlaßfarben. Will man den Temperaturgrad der Erwärmung möglichst richtig bestimmen, so bedient man sich eines erwärmten Metallbades; hierzu kann man ein Gefäß mit Quecksilber benutzen, in das man zur Bestimmung der Temperatur ein Thermometer eintaucht; erwärmt man das Quecksilber unter gehörigem Umrühren so, daß es durchweg die beabsichtigte Temperatur annimmt, und bringt man den Stahl in dasselbe hinein, so erhält dieser an allen Stellen nach und nach die Temperatur des Quecksilbers. Anstatt des Quecksilbers kann man sich auch gewisser leicht schmelzbarer Metalllegirungen, namentlich Compositionen von Wismuth, Zinn und Blei oder nur von Zinn und Blei bedienen. Wir geben in Folgendem eine Zusammenstellung solcher Legirungen.*)

*) Bearbeitet nach Parker's chemical Essays Vol. II. S. 615 und 616, und Schubarth, Sammlung physikalischer Tabellen S. 143.

Schmelzpunkte
verschiedener Legirungen von Wismuth, Blei und Zinn.

Schmelzpunkt in Graden.		Gewichtstheile.			Schmelzpunkt in Graden.		Gewichtstheile.			Schmelzpunkt in Graden.		Gewichtstheile.		
Celsius.	Fahrenheit.	Wismuth.	Blei.	Zinn.	Celsius.	Fahrenheit.	Wismuth.	Blei.	Zinn.	Celsius.	Fahrenheit.	Wismuth.	Blei.	Zinn.
94 4/9	202	8	5	3	175 5/9	348	4	16	13	265	509	—	19	4
97 7/9	208	8	6	3			—	2	5	266 2/3	512	—	5	1
107 7/9	226	8	8	3			1	4	3	268 1/3	515	—	21	4
113 2/3	236	2	2	1	177 7/9	352	—	4	11	269 4/9	517	—	11	2
117 2/9	243	4	4	3			—	4	5	270	518	—	23	4
123 1/3	254	1	1	1	180	356	—	1	3	270 5/9	519	—	6	1
130	266	4	5	4	182 2/9	360	—	4	13	271 1/9	520	—	25	4
132 2/9	270	2	3	2	183 1/3	362	—	2	7	272 7/9	523	—	13	2
143 1/3	290	4	8	7	184 4/9	364	—	4	15	273 8/9	525	—	27	4
144 4/9	292	1	2	2	186 1/9	367	—	1	4	275	527	—	7	1
145 5/9	294	2	4	3	187 7/9	370	—	4	17	276 1/9	529	—	29	4
147 7/9	298	4	8	9	188 8/9	372	—	2	9	276 2/3	530	—	15	2
148 8/9	300	1	2	1			—	1	1	277 7/9	532	—	8	1
151 1/9	304	4	8	5	190 5/9	375	—	4	19	279 4/9	535	—	17	2
		2	4	5	192 2/9	378	—	1	5	281 1/9	538	—	9	1
153 1/3	308	4	11	12	193 1/3	380	—	2	11	282 2/9	540	—	19	2
154 4/9	310	2	5	6	194 4/9	382	—	1	6	283 1/3	542	—	10	1
		1	3	3	198 8/9	390	—	5	4	284 4/9	544	—	21	2
155 5/9	312	4	8	11	200 1/9	412	—	3	2	285 5/9	546	—	11	1
		4	9	12	215 5/9	420	1	—	—	286 2/3	548	—	23	2
157 7/9	316	1	2	3			—	7	4	287 7/9	550	—	12	1
158 8/9	318	2	16	17	221 1/9	430	—	15	8	288 1/3	551	—	25	2
160	320	4	13	12	227 8/9	442	—	2	1	288 8/9	552	—	13	1
		1	4	4	231 7/9	449	—	—	1	290	554	—	27	2
		2	8	9	232 1/3	450	—	17	8	290 5/9	555	—	14	1
161 1/9	322	2	16	19	237 8/9	460	—	9	4	291 1/9	556	—	29	2
162 2/9	324	1	4	5	243 4/9	470	—	5	2	291 2/3	557	—	15	1
164 4/9	328	4	16	15	245 2/3	476	—	11	4			—	31	2
165 5/9	330	2	7	6	250	482	—	3	1			—	16	1
166 2/3	332	2	8	7	252 2/9	486	—	13	4			—	33	2
168 8/9	336	—	2	3	254 4/9	490	—	7	2			—	17	1
170	338	—	4	7	256 2/3	494	—	15	4			—	35	2
171 1/9	340	—	1	2	258 8/9	498	—	4	1	292 2/9	558	—	25	1
172 2/9	342	4	15	12	261 1/9	502	—	17	4	322 2/9	612	—	1	—
173 1/3	344	—	4	9	262 7/9	505	—	9	2					

Kennt man die Temperatur, bis zu welcher man den Stahl erwärmen will, so kann man leicht die Metall-Legirung bestimmen, deren Schmelzpunkt der gewählten Temperatur entspricht. Das Schmelzen wird in einer offenen Pfanne von Eisen über einem Kohlenfeuer vorgenommen, wobei man sich jedoch hüten muß das Metall, nachdem es geschmolzen ist, noch über den Schmelzpunkt zu erhitzen. Besser ist es daher, eine Metall-Legirung zu nehmen, deren Schmelzpunkt etwas unter der Temperatur liegt, auf welche man den Stahl erwärmen will, und dann ein Thermometer zu brauchen, an welchem man die Erwärmung der geschmolzenen Metall-Legirung beobachtet.

Die Anlauffarben des Stahls, welche man sonst als wesentliches Kriterium für die Temperatur des Stahls anzusehen pflegte, erscheinen in folgender Reihenfolge und entsprechen den nebenstehenden Temperaturen. Die letzte Kolumne rechts enthält die Bezeichnung der Gegenstände, welche man, nachdem sie volle Härte erhalten haben, bis zu diesen Temperaturen zu erwärmen pflegt, um sie demnächst anzulassen.

Anlauffarben des Stahls.	Temperatur nach Celsius.	Bemerkungen.
1) Ganz blaßgelb	215	Lanzetten.
2) Ganz schwaches Strohgelb . . .	221	Andere chirurgische Instrumente.
3) Ein wenig tieferes Strohgelb . .	228	Rasirmesser.
	232	Werkzeuge zu Metall-Arbeiten.
4) Tiefes Strohgelb	243	Federmesser.
5) Noch tieferes Strohgelb	254	Werkzeuge zu Holz-Arbeiten, Scheeren.
6) Gelb-braun	265	Aexte, weichere Meißel.
7) Gelb, ein wenig in's Purpurrothe spielend	271	Hobeleisen, Tischmesser.
8) Helles Purpurroth	277	Tischmesser, große Scheeren.
9) Dunkles Purpurroth	288	Säbelklingen, Uhrfedern.
10) Dunkles Blau	292	Größere Federn, Dolche.
	300	Bohrer, feine Sägeblätter.
11) Helleres Blau	310	Hand- und Stichsägen.
	315	Federn für gewisse Zwecke.
12) Noch helleres Blau	321	Zu hohe Temperatur für die meisten technischen Zwecke, weil der Stahl fast zu seiner weichen Beschaffenheit zurückkehrt.
13) Ganz schwaches Blau in's Meergrüne spielend	332	

Die Benennung der Farbenfolge weicht zuweilen von der eben aufgestellten etwas ab, so pflegen namentlich die französischen Bezeichnungen folgende zu sein (nach dem Dictionnaire technologique):

1) Gelb mit drei Schattirungen { Strohgelb, Kanariengelb, Citronengelb,
2) Orange,
3) Roth,
4) Violet,
5) Blau,
6) Grau.

Wenn der Stahl bis zu dieser Anlauffarbe erwärmt ist und dann langsam abkühlt, so kehrt er zu seiner ursprünglichen Weichheit zurück.

Uebrigens ist zu bemerken, daß die Temperaturgrade, welche den Anlauffarben entsprechen, nicht nur mit den Stahlsorten ein wenig differiren, sondern auch bei ein und derselben Stahlsorte an verschiedenen Stellen verschieden sind. Nach Beobachtungen von Stodart zeigen die dicksten Theile eines gehärteten und dann erwärmten Stahlstückes die Anlauffarbe bei geringerer Temperatur als die minder dicken, und als die dünnsten Theile. Stodart erklärt dies durch die verschiedene Härte, welche die einzelnen Theile bei dem vorausgegangenen Härteprozeß erlangt haben, indem die starken Theile weniger hart geworden seien, als die dünnern. Ebenso zeigen sich oft Unregelmäßigkeiten in den Tönen der Anlauffarben an denselben Theilen eines Stahlstückes von gleicher Dicke, indem sich dunkler gefärbte wolkige Schattirungen zeigen, die zuweilen eine feine Zeichnung nach Art des damascirten Stahls darstellen. Dieser Umstand läßt auf eine gewisse Ungleichförmigkeit des Stahls schließen.

Noch wollen wir nicht unerwähnt lassen, daß manche Gegenstände aus Stahl eine solche Härte bekommen müssen, daß man sie beim etwaigen Anlassen nur so wenig erwärmen darf, daß sie gar keine Anlauffarbe erlangen.

So zeigten sich die Schneiden für die Aufhängung eines Pendels zu astronomischem Gebrauch, welche aus dem besten Wootz gefertigt waren und die man bis zum schwächsten Blaßgelb (215 Grad C.) erwärmt und angelassen hatte, zu weich, man härtete sie noch einmal und erwärmte sie nun bis zum Siedepunkt des Wassers, um sie anzulassen, und nun ließ ihre Härte nichts zu wünschen übrig. Es ist also auch sehr gut denkbar, daß zwischen dem Siedepunkt des Wassers bis 215 Grad C., wo die erste Anlauffarbe erscheint, Temperaturen liegen, die sich zum Anlassen gewisser Gegenstände sehr gut eignen.

Da die Erwärmung zum Zwecke des Anlassens oft nur sehr gering ist, so wird dieselbe in manchen Fällen von denjenigen Theilen hergegeben, welche zwar beim Erhitzen des Stahls behufs des Härtens mit erwärmt worden sind, die man aber, da sie nicht mit gehärtet werden sollen, nicht in das Wasser getaucht hat, und die folglich eine höhere Temperatur als der abgekühlte Theil behalten haben. Beile, Hartmeißel und ähnliche Werkzeuge, deren Stahlmasse im Vergleich zu der allein zu härtenden Schneide beträchtlich ist, werden auf folgende Weise gehärtet und angelassen. Man erwärmt dieselben bis zu einer angemessenen Temperatur, taucht die Schneide bis zu geringer Tiefe in das Härtewasser, untersucht dann mit einer sehr harten Feile, ob sie den erforderlichen Grad von Härte

erreicht hat und schleift sie so schnell als möglich auf einem Schleifstein oder mit einem Schmirgelstock rein, um die Anlauffarben gehörig beobachten zu können.

Nun sieht man, wie durch die Mittheilung der Wärme, von dem nicht abgekühlten Theile des Werkzeuges aus, allmählig an der Schneide die Anlauffarbe sich bildet, und sobald diese erreicht ist, wirft man das ganze Werkzeug in's Wasser, um eine weitere Mittheilung der Wärme zu verhüten.

Sollte die gewünschte Anlauffarbe nicht erscheinen, weil die Wärme-Mittheilung nicht in dem beabsichtigten Grade stattfindet, so hilft man sich dadurch, daß man den Theil, welcher kurz vor der Schneide liegt, mit Hülfe eines schwachen Holzkohlenfeuers ein wenig anwärmt.

Eine andere Methode, Gegenstände behufs des Anlassens zu erwärmen, besteht darin, daß man eine Eisenstange an einem Ende rothglühend macht, die Temperatur derselben nimmt dann nach dem andern Ende hin in gewissen Verhältnissen ab; der zu erwärmende Gegenstand wird nun von dem kalten Ende nach dem wärmern hin allmählig auf der Stange vorgeschoben, bis man in die Nähe der geeigneten Temperatur kommt; hier wird er einige Male hin und her bewegt, bis er die gewünschte Anlauffarbe zeigt, und dann wird er von der Stange in ein Gefäß mit Wasser oder Oel geworfen. Dies Verfahren eignet sich jedoch nur für Gegenstände von geringer und ziemlich gleichförmiger Dicke, und wenn eine geringe Orydation ihrer Oberfläche nicht sonderlich nachtheilig ist. So lassen sich z. B. Federn, die aus Stahldraht oder aus Stahlblech gemacht sind, nach diesem Verfahren sehr gut härten und anlassen, erlangen dadurch eine größere Elasticität und sind bei dieser Operation dem Springen weniger ausgesetzt, als bei irgend einer andern Methode.

Manche Gegenstände kann man in einer einzigen Operation härten und anlassen. Als Beispiel diene folgendes in England gebräuchliche Verfahren, um Federn von Stahl zu härten.

Die Federn werden mittelst eines Tiegels oder in einer Muffel in einem geeigneten Ofen bis zu der passenden Temperatur erwärmt, aber, anstatt sie nun in Wasser oder in Oel zu tauchen, bringt man sie in ein bereit gehaltenes Metallbad, welches in einem andern Ofen bis zu einer Temperatur, die ein wenig unterhalb der zum Anlassen geeigneten Temperatur liegt, erhitzt worden ist. Hiedurch werden sie nicht vollständig abgekühlt, wie dies bei dem gewöhnlichen Härten geschieht und wodurch sie außerordentlich geneigt werden, Sprünge zu bekommen, sondern man kühlt sie bis zu demjenigen Punkte ab, welcher der Anlaß-Temperatur entspricht. Das Metallbad kann aus einer der vorhin erwähnten Metall-Legirungen bestehen, welche genau bei oder unter dem gewünschten Temperaturgrade schmelzbar ist.

Um die Temperatur dieses Metallbades beobachten zu können, bedient man sich eines Pyrometers, welches aus schmalen Streifen von Messing und von Stahlblech besteht, die zusammengenietet und an einem Ende sicher auf einer Metallplatte befestigt sind; das andere Ende dieser Streifen wirkt auf den kurzen Arm eines Fühlhebels oder eines Zeigers, dessen längerer Arm an einem getheilten Kreisbogen, der sich auf der Metallplatte befindet, die Temperaturgrade anzeigt.

Das ganze Instrument ist in einen Kasten von Metall eingeschlossen, damit es in Berührung mit dem geschmolzenen Metallbade nicht ungangbar werde. Die Temperatur des Metallbades wird allmählig vermindert, entweder durch Regulirung des Feuers, oder durch Zusetzen von noch ungeschmolzenen Metallstücken.

Schließlich taucht man die Federn in ein Gefäß mit Oel und brennt sie demnächst ab. Hierdurch sollen sie nicht allein an Zähigkeit gewinnen, sondern auch mit einem Ueberzug versehen werden, welcher sie gegen Rost schützt.

Dies Verfahren hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dem von Perkins angegebenen, welcher die Beobachtung machte, daß Stahlblöcke sich nicht werfen und auch nicht springen, wenn man sie, anstatt sie ganz abzukühlen, bis zur Anlaß-Temperatur abkühlt. Es kommt also darauf hinaus, daß man die Gegenstände nicht zuerst ganz hart macht und sie dann wieder bis zur Anlaß-Temperatur erwärmt, daß man sie vielmehr in einer Flüssigkeit abkühlt, deren Temperatur derjenigen entspricht, bis zu welcher sie beim Anlassen erwärmt werden müßten, und daß man sie dann mit dieser Flüssigkeit gemeinschaftlich, oder außerhalb derselben allmählig erkalten läßt.

Anstatt des für diesen Zweck, wie oben beschrieben worden ist, angewandten Metallbades, hat man auch Compositionen aus andern leicht schmelzbaren Körpern benutzt, deren Schmelzpunkt der Anlaß-Temperatur entspricht. Als Beispiel solcher Compositionen mögen folgende gelten:

Um Sägeblätter zu härten, kühlt man sie in einer Mischung ab, die aus 2 Pfund Talg, 1/4 Pfund Wachs auf 1 Gallon Wallfischthran besteht; diese Ingredienzien werden zusammen gekocht und dienen, wenn sie erstarrt sind, nicht nur für Sägeblätter, sondern auch für allerlei andere dünne Gegenstände von Stahl. Für dickere Gegenstände soll man noch braunes Fichtenharz hinzusetzen, bis zum Betrage von 1 Pfund auf 1 Gallon, doch soll man mit diesem Zusatz vorsichtig zu Werke gehen, da er sich nicht für alle Gegenstände eignet, manche vielmehr dadurch brüchig werden. Die Composition wird übrigens durch längern Gebrauch schlechter und verliert ihre Wirkung.

Ein anderes für denselben Zweck empfohlenes Mittel ist folgendes:

20 Gallonen Spermaceti-Oel,
20 Pfund ausgelassenen Rindertalg,
1 Gallon Ochsenklauenfett,
1 Pfund Pech,
3 Pfund braunes Fichtenharz (black resin). Die beiden letztgenannten Stoffe werden sorgfältig zusammen geschmolzen und dann zu den übrigen Ingredienzien hinzugesetzt; das Ganze wird sodann in einem geeigneten eisernen Gefäß mit schließendem Deckel gekocht, bis alle Feuchtigkeit verdampft ist, und zwar so lange, bis nach Abnahme des Deckels die Flüssigkeit im Begriff ist Feuer zu fangen und ein flammender Schein sich auf der Oberfläche zeigt; man setzt dann den Deckel schnell wieder auf, und erstickt die Flamme. Dünne Gußstahl-Gegenstände werden, wenn man sie härten will, in die erkaltete Flüssigkeit getaucht und dann wird behufs des Anlassens über einem hellen Feuer die anhaftende Masse abgebrannt.

Dickere Gegenstände, z. B. Säbelklingen, werden erst in Regenwasser gehärtet, dann wird die Masse mit einer harten Bürste auf beiden Seiten durch starkes Einreiben aufgetragen, und endlich behufs des Anlassens abgebrannt.

Zum Härten anderer Gegenstände, z. B. Spitzhämmer, mit denen Mühlsteine geschärft werden sollen, oder auch grober schneidender Werkzeuge wird auch folgender Teig empfohlen:

1 Gewichtstheil Blutlaugensalz,
1 " einfach kohlensaures Kali,
2 " weiche grüne Seife,
2 " Schweinefett.

Die Salze werden pulverisirt und mit der Seife wohl vermengt; dann in das geschmolzene Schweinefett gebracht und bis zum Erkalten wohl umgerührt. Beim Gebrauch macht man die Spitze oder Schneide rothglühend, taucht sie in den Teig, und härtet sie dann in reinem Wasser oder in einer Auflösung von Blutlaugensalz.

Einen ähnlichen Zweck hat das oft angewandte Verfahren, die Oberfläche des Härtewassers mit einer Schicht Oel oder Fett zu überdecken, so daß das erwärmte Stahlstück zuerst diese obere Lage durchdringen muß, bevor es in die eigentliche Härteflüssigkeit gelangt.

Die Adams'schen Bogenfedern für Eisenbahnwagen, welche entweder in Verbindung von je zweien (50 Pfund jede schwer und 2$\frac{1}{2}$ Fuß lang) oder auch einzeln (70 Pfund schwer und 6 Fuß lang) angewendet werden, härtet man auf folgende Weise. Man erwärmt sie in einer gewöhnlichen hohl gebauten Schmiedeesse, indem man sie rückwärts und vorwärts durch das Feuer durchzieht (besser wohl in einem Glühofen) und taucht sie dann in einen Trog mit kaltem Wasser. Um sie anzulassen, erwärmt man sie, bis sie im Dunkeln schwach dunkelrothglühend erscheinen; bei Tageslicht, wo man das Glühen nicht unmittelbar sehen kann, erkennt man die richtige Temperatur daran, daß ein Stück Kiehnholz, wenn man es darauf hin- und herreibt, Funken sprüht. Hierauf läßt man sie an der Luft langsam abkühlen. Die Adams'schen Federn sind $\frac{9}{16}$ Zoll dick und nach Adams dürften $\frac{5}{8}$ Zoll die Grenze der Dicke sein, bis zu welcher ein Stück Stahl noch gleichmäßig genug härtet, um als Feder dienen zu können.

Im Allgemeinen scheint indessen die Methode des Härtens, nach welcher man den Prozeß des Härtens und des Anlassens mit einander verbindet, für stärkere Gegenstände mehr geeignet, als wenn man zuerst das Stahlstück vollständig abkühlt, und dann erst die Härte durch Anlassen vermindert.

§. 44.

Einige nachträgliche Bemerkungen über den Stahl.

Aus dem eben Vorgetragenen über das Härten und Anlassen des Stahls folgen nun etwa die nachstehenden Resultate:

1) Der zum Schmieden und Härten des Stahls vortheilhafteste Hitze-

grad wechselt zwar im Allgemeinen mit der Qualität des Stahls und mit der Fabrikations-Methode, indessen ist dieser Hitzegrad um so geringer, je kohlenstoffhaltiger der Stahl ist.

2) In allen Fällen ist es am vortheilhaftesten, den Stahl bei einem Hitzegrad zu bearbeiten, der so gering ist, als der Stahl es irgend zuläßt.

3) Das Hämmern des Stahls trägt zu seiner Vervollkommnung bei; es muß jedoch durchweg und möglichst regelmäßig und gleichmäßig erfolgen. Bei schneidenden Werkzeugen sollte das Hämmern fortgesetzt werden bis sie fast kalt sind.

4) Kokes und Holzkohlen sind zur Bearbeitung des Stahls den Steinkohlen unbedingt vorzuziehen; besonders nachtheilig wirkt der Schwefelgehalt der Steinkohlen.

5) Die an den Stahl anhaftende Schlacke muß namentlich beim Härten sorgfältig entfernt werden, so daß man das Stahlstück so gleichförmig als möglich der abkühlenden Flüssigkeit aussetzen kann.

6) Wenn man zum zweiten Male härtet, so sollte man stets den Stahl durch vorgängiges Hämmern wieder verdichten, weil man sonst Gefahr läuft, die Qualität des Stahls wesentlich zu verschlechtern.

7) Je seltener und je weniger intensiv man den Stahl der Wirkung der Glühhitze aussetzt, desto besser ist es.

8) Das Härten des Stahls und die jedesmal richtigste Behandlung desselben sind nicht durch Beschreibung, sondern nur durch vielfache Uebung zu erlernen, wobei aber die Beobachtungen und die Erfahrungen Anderer, wie sie hier vorgetragen worden sind, von wesentlichster Hilfe sind.

Von Interesse werden noch einige Angaben über das spezifische Gewicht des Stahls sein.

Karmarsch*) macht darüber folgende Angaben:

	Spezifisches Gewicht.
„Cementstahl (ausgeschmiedet)	7,580 bis 7,798
Rohstahl (gefrischter) in Stäben . .	7,500 „ 7,582
Gegerbter (raffinirter) Stahl . . .	7,763 „ 7,825
Gußstahl (zu Stäben geschmiedet) . .	7,82 „ 8,092".

„Durch das Härten vermindert sich das spezifische Gewicht in den Verhältnissen 1000 : 997 bis 960, woraus eine Vergrößerung des Volums um 0,3 bis 4,16 Procent folgt. Die meisten Versuche ergaben zwischen 993 und 983 Verminderung des spezifischen Gewichtes oder 0,7 bis 1,7 Procent Ausdehnung; die Durchschnittszahl ist 1,5 Procent. Bei einem Stahlkörper, dessen Vergrößerungen nach allen Richtungen in gleichem Verhältnisse erfolgten, wäre hiernach die Zunahme jeder linearen Dimension $\frac{1}{2}$ Procent oder $\frac{1}{200}$ abzuleiten. Es scheint aber, daß in den Richtungen der größern Abmessungen die Ausdehnung in geringerem Verhältnisse stattfindet, also z. B. bei einem flachen Stabe in der Dicke verhältnißmäßig bedeutender als in der Breite, in der Breite verhält-

*) Mech. Techn. I. S. 11.

nißmäßig bedeutender als in der Länge. Dies ließe sich dadurch erklären, daß in der Richtung der kleinern Dimensionen die Abkühlung plötzlicher stattfindet, ihre Wirkung mithin auch bemerklicher werden muß. Demgemäß ist auch wahrscheinlich, daß größere Stücke geringere Ausdehnung zeigen werden, als kleine.

Im Gußstahl ist die Volumsvermehrung größer als in andern Stahlsorten, und durchschnittlich auf 3 Procent anzuschlagen."

Diese Thatsachen scheinen darauf hinzudeuten, daß bei dem Härteprozeß eine weniger dichte Ablagerung der Atome erfolge, als bei der langsamen Abkühlung, und der Verfasser glaubt daher schließen zu dürfen, daß bei langsamem Abkühlen die einzelnen Atome des Stahls sich ihrer Krystallform (Urform der Atome) gemäß frei ablagern, indem sich Fläche an Fläche ansetzt, und so ein zusammenhängendes, zähes und streckbares Gefüge entsteht. Wenn dagegen durch Erwärmung dieses Gefüge in irgend einer Weise gelockert ist und nun eine plötzliche Abkühlung erfolgt, so haben die Atome nicht Zeit, sich regelmäßig ihrer Urform gemäß abzulagern, es entsteht ein mehr oder weniger unregelmäßiges Ineinanderschieben, die Anziehungskräfte der einzelnen Atome haben dieselben noch nicht vollständig in die Lage gebracht, in welcher diese Kräfte untereinander im Gleichgewicht sind, sie werden vielmehr von der Festigkeit des Systems, welches ein weiteres Verschieben der Atome hindert, im Gleichgewicht gehalten und dadurch entsteht eine Spannung, welche die Sprödigkeit des gehärteten Stahls zur Folge hat, welche außerdem die Härte bedingt, indem die Atome, mit ihren Ecken und Kanten vorstehend, größern Widerstand gegen Form-Veränderung darbieten, als wenn sie regelmäßig abgelagert sind, und endlich erklärt sich hieraus auch der Umstand, daß die unregelmäßig abgelagerten Atome ein größeres Volum einnehmen, als wenn sie regelmäßig eingepackt und zusammengeschichtet sind. Die Beobachtungen von Malberg (S. 264) über den verbrannten Stahl, nach welchen das Verbrennen nicht in einer Aenderung des Kohlenstoffgehalts besteht, scheint nach dieser von dem Verfasser aufgestellten Hypothese dadurch erklärlich, daß bei einer zu weit getriebenen Erhitzung sich die Anziehungskräfte der Atome, oder gar durch Entstehung anderer chemischer Verbindungen, die Urform derselben selbst ändert.

Dritter Abschnitt.

Kupfer, Zink, Zinn, Blei, Antimon, Wismuth und deren Legirungen.

§. 45.

Allgemeines.

Die Anwendung des Eisens im Maschinenbau übertrifft diejenige aller andern Metalle in sehr beträchtlicher Weise, wir haben daher dem Eisen einen besondern Abschnitt in dieser Darstellung gewidmet, während wir die übrigen im Maschinenbau wichtigen Metalle unter einen Abschnitt zusammenfassen können, besonders da diese Metalle den größten Theil ihrer Verwendung nicht als reine Metalle, sondern in Form von Legirungen finden, die man in mannigfachen Combinationen und in sehr verschiedenen Verhältnissen darstellt.

Die wichtigsten Metalle, welche außer dem Eisen im Maschinenbau zur Verwendung kommen, sind folgende:

das Kupfer (lat.: Cuprum; franz.: cuivre; engl.: copper; chem. Bez.: Cu.);
das Zink (lat.: Zincum; franz.: Zinc; engl.: Zinc, spelter; chem. Bez.: Zn.);
das Zinn (lat. Stanneum; franz.: ètain; engl.: tin; chem. Bez. St.);
das Blei (lat.: Plumbum; franz.: plomb; engl.: lead; chem. Bez. Pb.);
das Antimon oder Spießglanz (lat.: Stibium; franz.: antimoine; engl.: antimony, blacklead; chem. Bez.: Sb.);
das Wismuth (lat. Bismuthium; franz.: bismuth; engl.: bismuth, tinglass; chem. Bez.: Bi.).

Das Kupfer wird vorzugsweise verwandt in Form von Blechen und Platten bei den Dampfkesseln, namentlich bei solchen mit innerer Feuerung und bei Schiffsgefäßen, ferner zu Stehbolzen bei Kesseln mit flachen Wänden, zu Walzen für Zeugdruck, Appretur und Papierfabrikation, zu Nieten, zu Röhren für Dampf und Wasser, zu Gefäßen, Schalen und Behältnissen mancherlei Art, sodann in Form von Drähten, und endlich zu Legirungen.

Das Zink findet die häufigste Verwendung in Form von Blechen, doch nur, wo es nicht der Glühhitze ausgesetzt werden darf, seltener als Draht, aber sehr vielfach in Legirungen.

Das Zinn wird im Maschinenbau selten rein verwandt, es sei denn zum Ueberziehen von andern Metallen (Verzinnen) oder in Form von Röhren, um gewisse Flüssigkeiten, welche andere Metalle angreifen würden, hindurchzuleiten; die meiste Anwendung findet das Zinn in Legirungen und als Loth.

Das Blei wird zuweilen zu Gegenständen benutzt, die bei geringen Dimensionen ein großes Gewicht haben sollen, dann zu Unterlagsplatten, zum

Vergießen behufs der Befestigung oder als Ausfüllungsmittel; ferner findet es in Form von Röhren zu Wasserleitungen, beim Löthen und in Legirungen Anwendung.

Antimon und Wismuth werden meist nur in Legirungen benutzt und finden wohl nur selten in unvermischtem Zustande im Maschinenbau Anwendung.

Die meisten physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Metalle sind schon unter dem Abschnitt „Eisen" behandelt worden, bei Gelegenheit der Vergleichung der Eigenschaften des Eisens mit denen der andern Metalle.

Hier folgt noch eine kurze Zusammenstellung einiger Notizen über die genannten Metalle und einige andere:

Benennung des Metalls.	Zeit der Entdeckung.	Name des Entdeckers.	Farbe des Bruches.	Spezifisches Gewicht.	Schmelzpunkt. Celsius.	Verhältnißzahlen der Dehnbarkeit.	Verhältnißzahlen der Schmiedbarkeit.	Härtegrad.
Gold	von den ältesten Zeiten her bekannt	—	reines Gelb	19,257	1102	1	1	8
Silber		—	weiß	10,474	1022	2	2	6
Eisen		—	bläulichgrau	7,788	2118	4	8	3
Kupfer		—	roth	8,895	1090	5	3	5
Quecksilber		—	weiß	13,568	40	—	—	—
Blei		—	hellgrau	11,352	322	8	6	14
Zinn		—	weiß	7,291	232	7	4	12
Zink	1541	Paracelsus	bläulichweiß	6,661	371	6	7	9
Wismuth	1546	Agricola	gelblichweiß	9,822	245	—	—	7
Antimon	16. Jahrhundert	Basil. Valentinus	bläulichweiß	6,702	432	—	—	10
Platina	1741	Wood	bläulichweiß	21,500	2534	3	5	3

§. 46.
Das Kupfer.

Das Kupfer ist außer dem Titan das einzige Metall von rother Farbe, es hat einen starken Glanz, ist sehr dehnbar und streckbar, und verbreitet einen eigenthümlichen Geruch, wenn es erwärmt oder wenn es gerieben wird; es schmilzt bei starker Rothglühhitze, zuweilen erst bei Weißglühhitze, oder nach Daniell bei 1090 Grad C. ein Temperaturgrad, der zwischen dem Schmelzpunkt des Silbers und dem des Goldes liegt. Das spezifische Gewicht des Kupfers variirt zwischen 8,58 und 8,95, je nach der Herstellungsweise und nach der chemischen Reinheit. Durch Walzen, Hämmern, Strecken wird das Metall verdichtet und das spezifische Gewicht vermehrt, durch Gießen in Formen wird dasselbe vermindert; das chemisch reine Kupfer hat das größte spezifische Gewicht, wie folgende Zusammenstellung zeigt*):

Gegossenes Kupfer mit Blasen im Innern (sehr rein) 7,720 bis 8,132
" " mehr oder minder porös (sehr rein) 8,585 „ 8,825

*) Mech. Tech. I. S. 34.

Gegossenes Kupfer ganz dicht im Bruche (sehr rein)	8,885	bis	8,921
Geschmiedetes Kupfer (sehr rein)	8,935	„	8,944
Draht (sehr rein)	8,933	„	8,949
Gegossen und durch starken Druck verdichtet (sehr rein)	8,919	„	8,931
Galvanoplastisch gefälltes Kupfer	8,900	„	8,914
Blech aus verschiedenen Kupfersorten	8,794	„	8,952
Münzen desgleichen	8,716	„	8,903

Folgende Beobachtungen betreffen ausschließlich sehr reines Kupfer:

Gegossen	8,921
desgl. und durch eine hydraulische Presse sehr stark comprimirt	8,930
Geschmiedete Stangen	8,944
Dicker Draht	8,945
Dünner Draht	8,946

Ferner eine andere Reihe:

Ein starker Draht	8,933
Derselbe zu Blech ausgehämmert	8,944
Derselbe zu ganz dünnem Blech ausgewalzt und dann noch stark gehämmert	8,952

Die rothe Farbe des Kupfers ändert sich:

a) wenn das Kupfer erwärmt wird; dasselbe erhält bei dem Erhitzen unter Luftzutritt eine ähnliche Farbenfolge, wie das Eisen und der Stahl, nämlich der Reihe nach: goldgelb, karmoisinroth, violet, dunkelblau, hellblau, meergrün, im Schmelzen geht diese Farbe in ein lebhaftes Grün über;

b) beim Behandeln im Feuer, wobei das Kupfer sich mit einer Haut von Kupferoxydul von dunkler braunrother Farbe überzieht, welche bei fortgesetzter Berührung mit der Luft und erhöhter Temperatur in eine fast schwarze Rinde von Kupferoxyd übergeht. Diese Rinde springt beim Hämmern und Biegen des Kupfers, sowie beim Ablöschen in kaltem Wasser nach dem Erwärmen ab, und bildet die sogenannte Kupferasche, Kupferhammerschlag;

c) wenn das blanke Kupfer der Luft ausgesetzt ist, so wird es matt, dunkelbraun, und endlich, namentlich in feuchter Luft, oder in abwechselnder Berührung mit Luft und Wasser grün, indem es sich mit einer Haut von halbkohlensaurem Kupferoxydhydrat überzieht (uneigentlich Grünspan genannt, da der eigentliche Grünspan essigsaures Kupferoxyd ist).

Um das Kupfer wieder blank zu bekommen, scheuert man es mit verdünnter Schwefelsäure (Kupferbeize) oder mit andern schwachen Säuren.

Das Kupfer krystallisirt in Würfeln und in Oktaëdern, wie z. B. das Cementkupfer; es ist nicht schweißbar, wird durch Hämmern, Walzen und Ziehen spröde und verliert seine Dehnbarkeit, erhält dieselbe aber wieder, wenn man es rothglühend macht und dann in kaltes Wasser taucht.

Das Kupfer ist der beste Leiter der Wärme und der Elektricität, es dehnt sich beim Erwärmen von 0 bis 100 Grad im Durchschnitt um $1/550$ seiner

Länge aus. Das geschmolzene Kupfer ist dickflüssig und dehnt sich beim Erstarren scheinbar aus, indem es porös und blasig wird; es ist daher für Gußwaaren nicht wohl geeignet.

Bei hohen Hitzegraden verbrennt das Kupfer, ebenso die Kupfersalze mit grüner Flamme.

Das Verhalten des Kupfers zu den wichtigsten Säuren ist folgendes: Salzsäure löst das Kupfer, wenn der Luftzutritt gehindert ist, nicht auf, beim Zutritt der Luft aber erfolgt die Auflösung allmählig. — Ebenso lösen Salpetersäure, Schwefelsäure (wenn sie nicht sehr verdünnt ist), Königswasser (Salpeter-Salz-Säure) das Kupfer unter Zutritt der Luft auf, indem sich dasselbe oxydirt und Kupfersalz-Lösungen entstehen; ein ähnliches Verhalten zeigen die Essigsäure und andere Pflanzensäuren.

Das Vorkommen des Kupfers ist theils gediegen, theils in Erzen. In gediegenem Zustande kommt das Kupfer theils in Lagern und Gängen, theils in andern Mineralien der Gebirgsarten verschiedener Formationen eingesprengt vor. In Deutschland ist wenig gediegenes Kupfer vorhanden; in England (Cornwales), Ungarn, Norwegen, Schweden findet es sich in größern Quantitäten, am häufigsten in Nord-Amerika (Connecticut), in Sibirien, am Ural, in Japan, China und in Südamerikanischen Staaten.

Die wichtigsten Kupfererze sind*):

1) Rothkupfererz (Kupferoxydul) in regelmäßigen Oktaëdern, Würfeln und in Dodekaëdern, kommt fast überall vor, wo sich gediegenes Kupfer findet, in Deutschland findet es sich im Siegenschen und im sächsischen Erzgebirge. Hierher gehört das Kupferpecherz oder Ziegelerz (ein inniges Gemenge von Rothkupfererz und Eisenocker) und die Kupferschwärze (Kupferoxyd).

2) Kupferglanz, Kupferglas (Schwefelkupfer) findet sich in Krystallen als Dodekaëder, sechsseitige Säulen 2c., auch derb und eingesprengt in älterem Gebirg, so im Siegenschen, in Schlesien, im Mansfeldischen, in Cornwales, in Schottland, Norwegen und Sibirien.

3) Buntkupfererz (Kupfersülphür und Eisensülphür) derb und eingesprengt, findet sich in denselben Gegenden, wie der Kupferglanz, auch noch in Sibirien, Chili und Peru.

4) Kupferkies (Verbindung von Kupfersülphür mit Eisensülfid) kommt vor in Quadratoktaëdern, Tatraëdern, häufig kugelig, drusig, nierförmig, traubig, knollig, derb und eingesprengt; es ist das am häufigsten vorkommende Kupfererz, findet sich also in den meisten vorhin genannten Gegenden.

5) Fahlerz, eine Verbindung mit Schwefelkupfer, mit fünf bis sechs andern Schwefelmetallen, namentlich mit Schwefeleisen, Schwefelzink, Schwefelsilber. Schwefelantimon, Schwefelarsenik. Es kommt in Tetraëdern, Dodekaëdern und in mancherlei andern Gestalten drusig, derb und eingesprengt vor. Es findet sich außer in den bereits genannten Gegenden Deutschlands noch im Oberharz, in Thüringen, in Sachsen und in Baden; außerdem in Ungarn

*) Tech. Chemie II. S. 262.

und in Siebenbürgen, in Frankreich, Spanien, Cornwales, Devonshire, Schottland, Sibirien, Mexiko, Chili, Peru.

6) Kohlensaures Kupferoxyd. Hierher gehört:

a) die Kupferlasur, welche theils in schiefen rhomboidalen Säulen, theils in Drüsen und Krystallkugeln vereint, sodann auch traubig und nierförmig, derb, erdig (Bergblau) und eingesprengt vorkommt; namentlich in Baden, in Nassau, in Tyrol, in Frankreich (bei Lyon), in Ungarn, Spanien, Schottland, Cornwales, Sibirien, Chili.

b) Malachit kommt blättrig oder faserig als Atlaserz, derb und erdig als Berggrün vor, außerdem in mancherlei andern Formen, namentlich in der Preußischen Rheinprovinz, im Siegenschen, in Schlesien, am Oberharz, in Thüringen, in Nassau, Württemberg, Baden, Tyrol, sodann in Ungarn, Spanien, Cornwales, Schottland, Norwegen, Schweden und in sehr bedeutenden Massen in Sibirien.

7) Der Kupferschiefer (bituminöser Mergelschiefer), ein Gemeng von Kalkstein und Thon, durchdrungen von Erdharzen und einer Menge verschiedener Kupfererze, sowie gediegenen Kupfers und sehr verschiedener anderer Metallerze und gediegener Metalle (z. B. Silber) bald in größern, bald in kleinern Quantitäten (reicher und armer Schiefer). Man findet ihn namentlich in der Grafschaft Mansfeld, in Thüringen, im Saalkreis, in Schlesien, in Westfalen, in Kurhessen u. s. w.

Das Ausbringen der Kupfererze ist ein sehr zusammengesetzter metallurgischer Prozeß, der namentlich noch dadurch erschwert wird, daß mit dem Kupfer häufig Silber vorkommt, das man zu gewinnen sucht, wenn irgend die Kosten dabei herauskommen. Im Allgemeinen zerfällt der Prozeß hiernach:

a) in die reine Kupferarbeit, wenn die Erze gar nicht oder sehr wenig silberhaltig sind;

b) in die Silber-Kupfer-Arbeit, wenn die Erze einen Silbergehalt führen, der die Scheidungskosten lohnt.

Nachdem die Erze aufbereitet sind (durch pochen, handscheiden oder durch siebsetzen, waschen und schlemmen), um die Gangart möglichst zu entfernen, werden die schwefelhaltigen Erze, und dies sind die meisten, geröstet, um den Schwefel, Arsenik u. s. w. theils zu verflüchtigen, theils durch oxydiren zu beseitigen. Hierauf werden sie in ähnlichen Oefen, wie die Eisenhohöfen (in Schachtöfen von 7 bis 20 Fuß Höhe, ohne Rost mit fast vertikalen Wänden) mit Zuschlägen von Kalk, Flußspath und alten Kupferschlacken unter Anwendung eines Gebläses geschmolzen. Dieses Verfahren heißt das Erzschmelzen, Rohschmelzen oder die Roharbeit, auch das Sulu-Schmelzen und hat den Zweck, die noch zurückgebliebene Gebirgsart, sowie das durch den Röstprozeß oxydirte Eisen in die Schlacke zu treiben, welche oben aufschwimmt und abgezogen wird, während das gewonnene Produkt (der Rohstein oder Kupferstein) nur 8 bis 14 Procent Kupfer enthält, im Uebrigen aber aus 55 bis 62 Procent Eisen, 23 bis 27 Procent Schwefel und einer Menge anderer Metalle in kleinern Quantitäten besteht. Das Abstechen des Rohsteins erfolgt in 20 bis 40

Stunden einmal, und liefert jedesmal 25 bis 60 Centner Rohstein, welche etwa 14 bis 18 Procent des gesammten Schmelzgutes bilden, während die Rohschlacke 65 bis 75 Procent beträgt und das Uebrige Abgang ist. Der Rohstein wird bei sehr unreinen Erzen einem abermaligen Rösten und Schmelzen unterworfen, das Spuren oder Concentriren und das gewonnene Produkt, welches nun kupferhaltiger ist, heißt der Spurstein oder der Concentrationsstein. Bei reineren Kupfererzen fällt diese Arbeit aus. Nun tritt mit dem Spurstein oder auch gleich mit dem Rohstein ein neues und wiederholtes Rösten ein, welches 5 bis 7 Wochen dauert, und unter Schoppen in Stadeln über Feuer vorgenommen wird. Der so behandelte Stein verliert dabei 5 bis 10 Procent an seinem Gewicht, indem der Schwefel sich zum Theil als schweflige Säure verflüchtigt, theils in Schwefelsäure umwandelt und Metallsalze bildet, endlich aber das Kupfer sich oxydirt und das Eisen sich in Oxydul und in Oxyd umwandelt. Ist dies in genügender Weise erfolgt, so beginnt ein neues Schmelzverfahren, die Schwarzkupferarbeit oder das Rohkupferschmelzen (das Schwarzmachen). Dies geschieht in Schachtöfen mit einem verengten Gestell (24 bis 28 Zoll breit, 18 Zoll tief) unter Zuschlag von kieselreichen Schlacken oder andern kieselhaltigen Substanzen, um das oxydirte Eisen zu verschlacken. Zu 100 Pfund Kupferstein werden 4,6 Kubikfuß Kohlen verbraucht, alle 30, 40 bis 50 Stunden wird abgestochen, und jeder Abstich liefert 20 bis 40 Centner Schwarzkupfer, welches 60 bis 95 Procent Kupfer enthält, außerdem aber noch durch Eisen, Zink, Blei, Arsenik u. s. w. verunreinigt ist. Der größte Theil des Eisens ist verschlackt, ein anderer Theil desselben hat sich mit einem Theile Kupfer, sowie mit Zink und Schwefel zu einem neuen Produkt gestaltet, dem Dünnstein oder Lech, welcher viel strengflüssiger als das Schwarzkupfer ist und etwa 25 Procent von dem Gewicht desselben ausmacht. Derselbe wird durch ein sehr umständliches 15 bis 18 Male wiederholtes Rösten nochmals auf Kupfer verhüttet, während das Schwarzkupfer durch ein folgendes Verfahren, das Garmachen (Rosettiren), gereinigt wird. Der Dünnstein enthält 50 bis 60 Procent Kupfer, 13 bis 30 Procent Eisen, 20 bis 25 Procent Schwefel und eine sehr geringe Menge (1/4 bis 1 1/2 Procent) Zink.

Das Schwarzkupfer wird nun entweder noch auf Silber verhüttet (siehe oben) und nach der Abscheidung des Silbers erst weiter verarbeitet, oder, wenn die Silberarbeit nicht lohnend ist, wird es in Garkupfer verwandelt, indem man es in einem Herde unter Einwirkung eines Gebläses, dessen Windstrom unter etwa 40 Grad gegen die Herdsohle sticht, oder wie in England in einem Flammofen umschmelzt, dabei wird der größte Theil der verunreinigenden Bestandtheile verschlackt, verflüchtigt oder verbrannt, und das gewonnene Kupfer wird, wenn die Operation vollendet ist, an der Oberfläche mit Wasser benetzt, wobei es erstarrt, die erstarrte Scheibe wird abgerissen, die nun zu Tage kommende glühende Oberfläche wieder besprengt und abgerissen u. s. w., bis man den ganzen Kupfergehalt in dünnen runden Scheiben von 12 bis 24 Zoll Durchmesser erhalten hat. Diese Scheiben heißen Rosetten oder Spleißen, und das Verfahren selbst nennt man das Scheibenreißen, Rosettiren, Spleißen des Kupfers. Das so

in den Handel kommende Kupfer heißt Rosettenkupfer; es ist an der mit Wasser besprengten Oberfläche glatt und matt braunroth, an der entgegengesetzten Oberfläche, welche von dem geschmolzenen Metall abgerissen ist, karmoisinroth, höckerig und löchrig; je feiner (reiner) das Kupfer ist, desto dünner sind die Rosetten (1 Linie bis $^3/_8$ Zoll stark), sie kommen in Tonnen verpackt in den Handel. Zuweilen gießt man das geschmolzene Kupfer in Platten, so namentlich das englische, nachdem es noch einer folgenden Operation unterworfen worden, welche das Hammergarmachen heißt. Das in dieser Form als Tafeln von 18 Zoll Länge, 12 Zoll Breite und 2 bis $2^1/_2$ Zoll Dicke in den Handel kommende Kupfer heißt Plattenkupfer.

Anstatt des Besprengens mit Wasser beim Scheibenreißen läßt man auch wohl das durch das Garmachen erhaltene Kupfer in Wasser laufen und erhält so gekörntes Kupfer (Kupfergranalien). Dieses gekörnte Kupfer kommt entweder als rundliche Körner vor, wenn man es langsam in heißes, ruhendes Wasser gegossen hat, oder in federähnlichen Flocken, wenn man es in kaltes, fließendes Wasser gegossen hat.

Das Rosettenkupfer sowohl als das gekörnte Kupfer eignet sich zum feinern Einschmelzen behufs Legirung mit andern Metallen, allein sie sind beide nicht hammergar, d. h. sie sind nicht geeignet unter dem Hammer, unter Walzen oder im Drahtzuge ausgeschmiedet und ausgereckt zu werden. Um dem Kupfer die hierzu nöthige Dehnbarkeit zu geben, muß es einer neuen Operation unterworfen werden, dem Hammergarmachen. Die Ursachen dieses Mangels an Dehnbarkeit liegen theils in dem Gehalt an fremden Metallen, theils in einem Gehalt an Kupferoxydul, welcher nicht selten den Betrag von 7 Procent übersteigt.

Die Operation des Hammergarmachens wird in England in den Kupferhütten selbst vorgenommen und das hammergare Kupfer kommt als Plattenkupfer (siehe oben) in den Handel; das deutsche, schwedische, russische Kupfer dagegen verläßt die Kupferhütten meist als Rosettenkupfer und muß auf den Kupferwalzwerken u. s. w., welche Kupfer schmieden und verarbeiten, hammergar gemacht werden. Dies geschieht hier durch Umschmelzen des Kupfers in einem Herde mit Gebläse, wobei das Kupfer mit Holzkohlen bedeckt ist. Die Operation erfordert viele Vorsicht und Uebung, damit das Kupferoxydul durch die Kohlen reducirt werde, wobei der Sauerstoff des Kupferoxyduls sich mit dem Kohlenstoff verbindet und durch denselben verbrennt. Setzt man die Operation zu lange fort, oder leitet man den Windstrom nicht richtig, so tritt von Neuem eine Oxydation des Kupfers ein und man bekommt wieder Kupfer, welches durch Kupferoxydul verunreinigt, also nicht hammergar ist. Man nennt das Kupfer dann übergar.

Das hammergare Kupfer wird in Platten gegossen, deren Größe sich nach der fernern Art der Verwendung richtet; die Formen dazu sind von Gußeisen und werden mit einem Thonbrei überzogen. Diese Platten heißen Hartstücke; sie werden noch rothwarm unter einen Schwanzhammer gebracht (das Abpochen), theils um sie durch das Hämmern zu verdichten, theils auch um ihnen eine der fernern Verarbeitung entsprechende Form zu geben.

In England, welches den größten Theil des in den Handel kommenden Kupfers producirt, geschieht das Verhütten des Kupfers durchweg nach einem System, welches in den Hauptzügen dem oben beschriebenen ähnlich ist, und sich im Wesentlichen nur durch größere Sorgfalt in dem Verfahren und darin unterscheidet, daß man sowohl zum Rösten, als zum Schmelzen und zum Garmachen des Kupfers, anstatt der in Deutschland üblichen Schachtöfen und Herde, sich der Flammöfen von verschiedenen Formen und Dimensionen bedient; auch wird der Prozeß des Hammergarmachens sofort in demselben Flammofen vorgenommen, in welchem das Schwarzkupfer (Blasenkupfer) gar gemacht worden ist. Das geschmolzene Kupfer, welches die nöthige Gare erlangt hat, und welches zum Schmieden, Walzen u. s. w. (nicht zum Gießen oder zu Legirungen) bestimmt ist, wird behufs des Hammergarmachens in der an der schmalen Seite des Ofens im tiefsten Punkte der Sohle angebrachten Vertiefung (dem Sumpf), wo es sich gesammelt hat, mit Holzkohlenlösche bedeckt und mit Stangen von Birkenholz umgerührt.

Hierbei findet eine starke Gasentwickelung und ein heftiges Aufkochen der Masse statt, welches man das Schäumen des Kupfers nennt.

Durch Proben, die der Arbeiter von Zeit zu Zeit mit einem Löffel nimmt und erkalten läßt, überzeugt er sich, ob das Kupfer ein gehörig feines Korn erlangt, und ob es die nöthige Biegsamkeit und Dehnbarkeit besitzt, um als hammergar gelten zu dürfen. Wird der Prozeß durch fremde Metalle, die im Kupfer sich befinden, gehindert, so setzt man etwas Blei hinzu, welches durch seine Orydation die der übrigen Metalle einleitet; hierbei ist jedoch große Vorsicht anzuwenden, wie denn überhaupt der Arbeiter weder zu früh die Operation des Hammergarmachens unterbrechen darf, wodurch das Kupfer „zu jung" bleibt, noch dieselbe zu weit ausdehnen darf, weil dann das Kupfer „übergar" wird (s. oben).

Das hammergare Kupfer wird mit Gießkellen ausgeschöpft und in Platten gegossen, welche als Plattenkupfer in den Handel kommen (s. oben).

Der Prozeß des Garmachens und des Hammergarmachens dauert im Ganzen etwa 20 Stunden, wobei 10 Stunden auf das Garmachen, 4 Stunden auf das Hammergarmachen und 6 Stunden auf Nebenarbeiten (Beschicken, Abstechen, Ausgießen, Abkühlen des Ofens) kommen. 60 bis 100 Centner werden gleichzeitig dem Verfahren unterworfen.

Kupfer, welches zu feinen Arbeiten bestimmt ist, wird noch durch einen abermaligen Reinigungsprozeß geläutert, indem man es in einem Flammofen durch Umschmelzen und durch Verschlacken der fremden Metalle läutert (raffinirt) und das dabei gebildete Kupferorydul durch einen Schmelzprozeß in Tiegeln unter einer Decke von Kohlenpulver reducirt. Wegen der bedeutenden Verluste an Kupfer, die hierbei eintreten, ist das raffinirte Kupfer bedeutend theurer, als das bloß hammergare Kupfer.

Die Fehler des zur Verarbeitung bestimmten Kupfers sind ähnlich wie beim Eisen die Rothbrüchigkeit und die Kaltbrüchigkeit.

Rothbrüchiges Kupfer läßt sich kalt biegen und hämmern; in erhöhter Temperatur dagegen hat es geringere Festigkeit; kaltbrüchiges Kupfer bekommt beim Biegen und Ausrecken in gewöhnlichen Temperaturen Kantenrisse und Sprünge, läßt sich aber bei erhöhten Temperaturen schmieden und biegen. Manches Kupfer ist rothbrüchig und kaltbrüchig zugleich, und dies ist für Arbeiten, bei welchen die Streckbarkeit des Kupfers erfordert wird, mehr oder weniger unbrauchbar.

Die Ursachen der Rothbrüchigkeit des Kupfers sind meist die Verunreinigungen durch fremde Metalle und durch Kohlenstoff. Die Ursache der Kaltbrüchigkeit ist gewöhnlich ein Gehalt von Kupferoxydul, also wenn das Kupfer zu jung, oder wenn es übergar ist (S. 288). — Roth- und kaltbrüchig ist Kupfer, welches entweder Eisen, selbst in geringer Menge, oder Kohlenstoff und zugleich andere Metalle enthält. 0,6 Procent Zink machen das Kupfer in der Dunkelrothglühhitze rothbrüchig; $^1/_4$ Procent Zinn oder Wismuth und 0,8 Procent Silber sind nicht nachtheilig, ebensowenig Kalium, welches sich überhaupt nur in sehr geringer Menge mit dem Kupfer legirt. 0,15 Procent Antimon oder Arsenik machen das Kupfer rothbrüchig und erschweren die Bearbeitung bei gewöhnlichen Temperaturen. Blei ist der gefährlichste Feind des Kupfers, 1 Procent Blei verdirbt das Kupfer ganz; 0,3 Procent machen es stark rothbrüchig, 0,01 Procent schadet zwar bei gewöhnlichen Arbeiten nicht, dagegen ist dieser Bleigehalt für plattirte Waaren aus dünnem Kupferblech schon sehr schädlich, da das Kupfer beim Biegen leicht reißt. Kupferoxydul macht bis 1,1 Procent das Kupfer kaltbrüchig, bei 1,5 Procent aber ist es so übergar, daß es sich weder bei gewöhnlicher Temperatur noch in der Hitze bearbeiten läßt, ohne Kantenrisse zu bekommen. Kupfer, welches Kupferoxydul enthält, nimmt keine gleichmäßige Politur an, da es harte und weiche Stellen (Aschenflecke) hat.

Ein anderer Fehler des Kupfers entsteht, wenn das Kupfer beim Gießen steigt, wozu besonders reines Kupfer geneigt ist. Dies Steigen geschieht, wenn das Kupfer beim Gießen in Platten zu heiß ist; die Oberfläche der Platten erkaltet dann zu früh, bekommt Risse und durch die entstandenen Spalten dringt das flüssige Kupfer aus dem Innern an die Oberfläche und vereinigt sich nicht mehr mit der bereits abgekühlten Oberfläche. Da das Kupfer nicht schweißbar ist, so sind die hierdurch entstandenen unganzen Stellen durch Walzen, Schmieden, Ziehen u. s. w. nicht mehr herauszubringen und das Kupfer verliert daher an Festigkeit.

Das im Handel vorkommende Kupfer ist entweder Garkupfer, wie das Rosettenkupfer oder das gekörnte Kupfer (s. oben) oder es ist hammergares Kupfer, wie das englische Plattenkupfer, oder endlich es kommt bereits in einem gewissen Stadium der Verarbeitung als Kupferblech und als Kupferdraht vor. Die Kupferbleche, welche in den Handel gelangen, ohne daß sie auf besondere Bestellung in den Hütten angefertigt werden, sind von verschiedener Größe und von verschiedenem Gewicht. Man hat namentlich folgende Sorten:

Tafeln von	9	□-Fuß von mindestens	$4\frac{1}{2}$ bis $6\frac{3}{4}$	Pfd.; oder pro □-Fuß	$\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$	Pfd.
" "	18	" " "	$13\frac{1}{2}$	" " " " " " " "	$\frac{3}{4}$	"
" "	24	" " "	24	" " " " " " " "	1	"
" "	32	" " "	48	" " " " " " " "	$1\frac{1}{2}$	"
" "	40	" " "	80	" " " " " " " "	2	"
" "	50	" " "	250	" " " " " " " "	5	"
" "	55	" " "	330	" " " " " " " "	6	"
" "	60	" " "	480	" " " " " " " "	8	"
" "	65	" " "	650	" " " " " " " "	10	"

Die Blechtafeln haben etwa 5 bis 6 Fuß Länge und $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß Breite, das ganz dünne Blech ($\frac{1}{4}$ Linie dick) wird in Rollen (Rollkupfer, Flickkupfer) verkauft; die stärkern Bleche bekommen mancherlei Namen, je nach ihrer Bestimmung, z. B. Dachblech, Rinnenblech, Schlauchblech, Schiffblech u. s. w., letzteres wird in England in Tafeln von 48 Zoll Länge und 14 Zoll Breite (engl. Maaß) angefertigt; der Quadratfuß wiegt je nach der Dicke 22 bis 42 engl. Unzen.

Ein Walzwerk zum Walzen der Kupferbleche, welches Walzen von 7 Fuß Länge und $1\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser hat, erfordert etwa 15 Pferdekraft. Die Bleche werden am besten kalt gewalzt, um das Bilden und Einwalzen des Glühspahns zu vermeiden; nur wenn sie zu spröde geworden sind, glüht man sie aus, um das Kupfer wieder weich zu machen. Der Abgang an Glühspahn bei diesem Verfahren beträgt etwa nur $\frac{1}{4}$ Procent (vom rohen Plattenkupfer bis zum fertigen Blech *).

Das unverarbeitete Kupfer wird gewöhnlich nach den Ländern bezeichnet, aus denen es zu uns gelangt. Man unterscheidet hiernach vorzugsweise deutsches, russisches, schwedisches, englisches und französisches Kupfer, ferner peruanisches, mexikanisches und indisches Kupfer.

Das deutsche Kupfer ist größtentheils mansfelder und böhmisches Kupfer, auch bezeichnet man das aus Ungarn kommende mit diesem Namen; es ist oft bleihaltig, namentlich wenn neben der Kupferproduktion noch auf Silber gearbeitet wird. In neuerer Zeit hat man an vielen Orten, wo sie noch früher bestand, die Silberarbeit aufgegeben und dadurch besseres Kupfer gewonnen.

Das russische Kupfer ist ein sehr reines und im Handel gesuchtes Produkt. Man unterscheidet das Kupfer von den Werken der russischen Krone von dem aus Privatgruben; unter letztern zeichnet sich das Kupfer von Paschkoff, von Gregori und von Nicolas Demidoff, auch das von Laval aus.

Das schwedische Kupfer, zu welchem man auch das aus Norwegen kommende zu rechnen pflegt, ist sehr reines Kupfer, zeichnet sich durch schöne rothe Farbe und durch glänzende Rosetten, welche an den vorspringenden Theilen einen silberähnlichen Reflex bieten, aus; die schlechtern Sorten dieses Kupfers pflegen immer noch besser als die schlechten englischen Kupfersorten zu sein. Von den norwegischen Kupfersorten ist das Drontheimer das beste.

*) Mech. Techn. I. S. 163.

Das englische Kupfer kommt meistens von den Gruben in Cornwales und von der Insel Anglesea; es giebt mehrere Sorten, von denen die beste ein sehr gutes, hammergares Produkt ist, die zweite und die dritte Sorte sind schlechter gar gemacht und sind oft hart, spröde und unrein.

Das französische Kupfer, welches zu Chessy und St. Bel im Rhonedepartement gewonnen wird, ist von vorzüglicher Güte, wird aber, da die Produktion nicht einmal für den Bedarf des südlichen Frankreichs ausreicht, nicht exportirt.

Das peruanische Kupfer ist im Allgemeinen schlecht, schwefel- und eisenhaltig, spröde und brüchig und von schwärzlicher Farbe. Diese üblen Eigenschaften rühren wahrscheinlich von dem sehr unvollkommenen Verfahren der Kupfergewinnung her und dürften mit der Zeit, durch Verbesserung des letzteren, sich beseitigen lassen.

Das mexikanische Kupfer ist noch schlechter als das peruanische, wohl aus denselben Gründen. Beide Sorten kommen übrigens größtentheils über England in den Handel, werden dort erst gar gemacht und oft als englisches Kupfer geringer Sorte verkauft.

Das indische oder levantische Kupfer kommt größtentheils aus Java und tritt in verschiedenen Sorten unter mancherlei Benennungen auf. Die bekanntesten sind: Avista-Kupfer, rothes und graues Tokat-Kupfer. Das rothe Tokat-Kupfer ist das bessere, es läßt sich durch einen neuen Garprozeß dem schwedischen Kupfer sehr nahe bringen, dagegen ist das graue Tokat-Kupfer sehr eisen-, schwefel- und bleihaltig und erfordert einen sorgfältigen Reinigungsprozeß, um es zum Walzen und Hämmern geeignet zu machen.

§. 47.

Das Zink.

Das Zink (Spiauter) besitzt eine bläulich weiße Farbe und beträchtlichen Metallglanz, es ist nicht sehr hart, aber wegen des blättrigen Gefüges schwer zu feilen, weil die Feilspähne sich zwischen die Zähne der Feile einsetzen. Der starke Metallglanz wird an der Luft bald matt, indem sich die Oberfläche leicht oxydirt; es bildet sich eine dünne Lage Suboxyd, welches eine schmutzig aschgraue Farbe hat und der fernern Einwirkung des Sauerstoffes der Luft widersteht.

Bei gewöhnlichen Temperaturen ist das verarbeitete Zink dehnbar und in gewissem Grade zähe, es läßt sich leicht brechen und widersteht auch der Wirkung von Schlägen und Stößen, dagegen wird das Zink sehr spröde und brüchig bei einer Temperatur von 200 Grad C. bis zu derjenigen, welche der Schmelzhitze (371 Grad C.) nahe kommt, und ebenso bei Temperaturen, welche bedeutend unter dem Gefrierpunkte liegen. Ist das Zink geschmolzen und wieder erkaltet, so ist es spröde und brüchig und läßt sich in dünnen Stücken mit der Hand zerbrechen.

Bei der Siedhitze des Wassers (100° C.) bis etwa 150° C. läßt sich das Zink am besten bearbeiten, es wird bei dieser Temperatur durch Walzen verdichtet, verliert sein blättriges Gefüge und wird dehnbar, so daß es sich zu ziemlich

dünnen Blechen auswalzen und zu Draht von mäßiger Dicke ausziehen läßt; auch läßt es sich nach dieser Operation und wenn es abgekühlt ist, leicht hämmern und biegen; indessen behält es immer nur geringe absolute Festigkeit. Wird ausgewalztes Zink wieder eingeschmolzen, so nimmt es sein blättriges Gefüge wieder an.

Das krystallinische Gefüge zeigt sechsseitige Säulen.

Bei Temperaturen über dem Schmelzpunkt des Zinks und bei Ausschluß des Luftzutrittes verflüchtigt sich das Zink zu Zinkdämpfen, bei Luftzutritt dagegen verbrennt es mit grünlich weißer Flamme unter Bildung von Zinkoxyd (weiße Flocken, Zinkblumen).

Zink dehnt sich beim Erwärmen unter allen Metallen am stärksten aus, nämlich zwischen 0 und 100 Grad in der Längen-Dimension, um 0,0029 bis 0,0031 seiner Länge bei 0 Grad.

Gewalztes Zinkblech läßt sich leichter nach der Längenrichtung des Walzens, als quer gegen dieselbe biegen, indem es beim Biegen in dieser letztgenannten Richtung leicht aufreißt; durch mäßige Erwärmung wird die Gefahr des Aufreißens vermindert.

Das spezifische Gewicht des Zinks beträgt zwischen 6,86 bis 7,1; durch Walzen wird das Zink dichter und das spezifische Gewicht bis auf 7,19 bis 7,28 vermehrt.

Das Zink verhält sich zu allen Metallen, die im Maschinenbau Anwendung finden, positiv elektrisch, und schlägt daher fast alle dehnsamen Metalle aus ihren Auflösungen regulinisch nieder, mit Ausnahme des Eisens und des Nickels.

Zu allen Säuren hat das Zink große Verwandtschaft; es bilden sich Zinksalze, die fast sämmtlich der Gesundheit nachtheilig sind, daher man Zinkgefäße weder zum Bereiten noch zum Aufbewahren der Nahrungsmittel brauchen sollte. Selbst gegen Säuren, die mit Wasser sehr verdünnt sind, zeigt das Zink lebhafte chemische Anziehung; es wird der Wassergehalt der Säuren unter Bildung von Zinkoxyd zersetzt, wobei Wasserstoffgas sich entwickelt und demnächst Zinksalze sich bilden. Reines (destillirtes) Wasser wird von Zink nicht zersetzt, dagegen zersetzt sich Wasser, welches auch nur wenig Kohlensäure enthält, unter Bildung von kohlensaurem Zinkoxyd; diese sehr geringe Zersetzung hört auf, sobald die Oberfläche des Zinks sich mit einer dünnen Lage des kohlensauren Zinkoxyds überdeckt hat. In der Glühhitze wird das Wasser durch Zink zersetzt.

Die wichtigsten Zinkerze sind Galmei, Zinkspath (edler Galmei) und Zinkblende.

1) Der gemeine Galmei ist Drittel-kieselsaures Zinkoxyd mit Wasser und kommt theils in Krystallen (rhombische Säulen und rechtwinklig oktaedrisches System), die zu kugeligen oder traubenförmigen Massen verbunden sind, theils knollig und derb vor. Im ersten Falle hat er eine graue, grünliche oder gelbe Farbe, im andern Falle ist er gewöhnlich durch Eisenoxyd braun gefärbt. Der gemeine Galmei ist in der Regel von edlem Galmei begleitet und findet sich namentlich in Preußen (Stolberg bei

Aachen; Oberschlesien, im Siegenschen und in andern Theilen des Regierungs-Bezirks Arnsberg), ferner in Kärnthen, in Ungarn und Gallizien, in Polen, in Frankreich, in England und Schottland, endlich auch in Sibirien. —

2) Der edle Galmei oder Zinkspath ist kohlensaures Zinkoxyd und kommt in ähnlicher Weise, wie der gemeine Galmei, in Krystallen (Rhomboëdern), seltener derb oder erdig vor. Außer in den Gegenden, welche schon beim gemeinen Galmei genannt sind, findet sich der Zinkspath noch in Belgien.

3) Die Zinkblende ist Schwefel und Zink in gleichem Atomverhältniß, sie kommt meist mit andern Schwefelmetallen vermischt und durch dieselben verschieden gefärbt vor (schwarz, braun, seltener roth, gelb, grün), sowohl in Krystallformen (Rhombenoktaëdern) als auch faserig, derb und strahlig von glänzendem Bruch. Zinkblende findet sich in Preußen (im Siegenschen, in Schlesien, am Harz, bei Aachen), in Sachsen (Erzgebirge), in Hannover (Oberharz), in Böhmen, Kärnthen, Nassau (an der Lahn), in der Schweiz (Graubündten), in Frankreich, England, Schweden und Norwegen.

Das Ausbringen des Zinks aus den Erzen ist nach der Beschaffenheit der Erze verschieden. Das meiste Zink wird aus gemeinem und aus edlem Galmei gewonnen. Man röstet die Erze entweder in freien Haufen, oder besser in besondern Oefen (Brennöfen, Kalziniröfen). Diese letztern sind Flammöfen, welche etwa 30 Centner Galmei fassen und entweder eine besondere Feuerung haben (100 Centner Galmei erfordern 15 Centner Steinkohlen) oder von dem Feuer der Zink-Destillir-Oefen mit geheizt werden. Die Operation des Röstens erfordert bei öfterem Wenden des Zinks 5 bis 6 Stunden. Durch das Brennen oder Rösten will man sowohl den Wassergehalt, als auch die Kohlensäure entfernen und die Erze mürbe machen; das Gewicht des gebrannten Galmeis ist etwa $^2/_3$ von dem des ungebrannten. Der gebrannte Galmei wird zerkleinert und mit einem Zuschlag von Kohlen (Holzkohlen, Kokes oder Steinkohlen-Cinders) in verschlossenen Gefäßen einem Verfahren unterworfen, welches den Zweck hat, das Zinkoxyd durch die Kohlen zu reduciren, das metallische Zink zu verflüchtigen und demnächst durch Condensation der Zinkdämpfe in tropfbarflüssiges Zink zu verwandeln, welches in Vorlagen aufgesammelt wird. Das gewonnene Produkt ist Tropfzink oder Werkzink. Das Reduktions- und Destillations-Verfahren für das Zink findet in Gefäßen von feuerfestem Thon statt, welche rings vom Feuer umspielt und bis zur Weißglühhitze erwärmt werden, die Vorlagen sind gewöhnlich ebenfalls Thongefäße.

Die Destillationsgefäße sind in England (englisches Verfahren) Tiegel von 4 $^1/_2$ Fuß Höhe, deren 6 bis 8 in einem viereckigen, besser in einem runden, mit einem Kuppelgewölbe überspannten Raum stehen, die Tiegel oder Häfen werden mit Galmei und $^1/_7$ Kohlen besetzt, angefeuert, bis sich eine bläuliche Flamme zeigt, dann verschließt man sie mit einem Deckel, steigert die Hitze und läßt endlich durch eine Oeffnung im Boden der Tiegel, die vorher durch einen Holzpfropf verschlossen war, welcher sich mittlerweile verkohlt hat, und mittelst

eines angesetzten Blechrohres die Zinkdämpfe heraus, welche sich in dem Rohr zu Tropfen condensiren und in einem Gefäß mit Wasser aufgefangen werden. In 14 Tagen sollen 5 Destillationen erfolgen, welche 120 bis 200 Centner Galmei mittelst 440 bis 480 Centner Steinkohlen verarbeiten und etwa 40 Centner Tropfzink (25 bis 40 Procent des Galmeis) liefern.

In Schlesien (schlesisches Verfahren) wird das Zink in Muffeln aus feuerfestem Thon reducirt und destillirt. Die Muffeln sind halbcylindrisch und liegen mit der flachen Seite auf; so daß immer zwei Muffeln mit ihren Stirnwänden aneinander stoßen und die andern Enden zu entgegengesetzten Seiten aus dem Ofen herausreichen. Diese letztern sind mit Vorsatzplatten verschlossen, in denen sich zwei Oeffnungen befinden, die obere zum Einsetzen des Halses der Vorlagen, die untere, welche während des Betriebes geschlossen ist, zum Ausziehen der Rückstände. Durch die Anordnung der Muffeln bilden sich zwei Reihen derselben, jede Reihe enthält 6 bis 12 Muffeln mit ebenso vielen Vorlagen. Es werden in jede Muffel etwa 66 Pfund Galmei und etwa 22 Pfund Cinders, auch einige Pfund Zinkoxyd und Schlacken eingesetzt; nach 6 bis 8 Stunden ist bei einem im Gange befindlichen Ofen die Destillation in voller Entwickelung und nach 24 Stunden vollendet; die Muffeln werden neu beschickt, aber erst nach je zwei Beschickungen zieht man die Rückstände heraus, welche noch 2 bis 5 Procent Zinkoxyd enthalten. Da die Muffeln nicht mittelst luftdichten Verschlusses in die Vorlagen ausmünden, so verbrennt ein Theil der Zinkdämpfe (2 bis 4 Procent) und entweicht als weiße Flocken.

In Belgien, bei Aachen (Stolberg) und auch in Westfalen ist das Lütticher Verfahren üblich. Der Ofen enthält 22 horizontale Thonröhren, welche in sechs Reihen über einander geordnet sind und zwar so, daß in der obersten Reihe 2 Röhren und in der folgenden 3, 3, 4, 5, 5 Röhren von 3 Fuß Länge, 4 bis 5 Zoll lichter Weite und $^5/_4$ Zoll Wandstärke liegen. Die Vorlagen sind von Gußeisen, konisch, 1 und $1\,^1/_2$ Zoll weit, $1\,^1/_2$ Fuß lang. In 12 Stunden ist die Ladung abdestillirt und liefert etwa 100 Pfund Werkzink, bei 10 Procent Zinkverlust durch Abbrand und Rückstand.

Die Destillation des Zinkes in vertikalen Röhren, deren 10 Reihen von je 16 Röhren in einem Flammofen liegen, ist gegenwärtig wenig mehr üblich, früher wurde dies Verfahren in Kärnthen angewandt.

Die Darstellung des Zinkes aus der Zinkblende liefert wegen des Schwefelgehaltes, welcher das Zink spröde macht, kein sehr gutes Produkt. Das Verfahren unterscheidet sich von der Darstellung des Zinks aus Galmei nur in der Vorbereitung der Erze, welche zur Abtreibung des Schwefels sehr sorgfältig, gewöhnlich mit $^1/_4$ des Gewichtes an Kalk in Flammöfen geröstet und dann in der Regel mit gebranntem Galmei in einem der vorhin beschriebenen Oefen destillirt werden. Das bei der Ausbringung des Zinkes aus den Erzen erhaltene Produkt ist Werkzink oder Tropfzink; außerdem erhält man in den weniger heißen Theilen des Ofens besonders aus Erzen, die noch Eisen, Blei u. s. w. enthalten, eine festgebrannte Masse, den Zinkschwamm, Tutia oder Ofenbruch, welcher aus Zinkoxyd, Bleioxyd, Sand, Kohle u. s. w. besteht, und den man zur Gewinnung

des Zinks einem ähnlichen Verfahren wie den Galmei unterwirft und zur Messingfabrikation anwendet.

Das Werkzink wird in Kesseln, die am besten aus feuerfestem Thon, weniger gut aus Gußeisen (wegen der Verunreinigung des Zinks durch Eisen) bestehen, bei möglichst geringer Temperatur umgeschmolzen, mittelst Gießkellen ausgeschöpft und in gußeiserne Formen, welche man zweckmäßiger Weise anwärmen sollte, ausgegossen; es erhält so die Gestalt von Platten, Stäben oder Mulden und kommt als Rohzink oder Kaufzink in den Handel. Zuweilen schmelzt man das Kaufzink noch einmal um, behufs einer neuen Reinigung und erhält so raffinirtes Zink. Das im Handel vorkommende Rohzink ist selten durch Kohlenstoff oder durch Schwefel, aber fast immer durch Blei ($^1/_3$ bis $2\,^1/_2$ Procent), häufig durch Eisen (bis höchstens $^1/_4$ Procent) verunreinigt. Der Bleigehalt macht das Zink geschmeidiger und biegsamer, thut aber der Festigkeit Eintrag; der Eisengehalt macht das Zink härter, vermindert aber gleichfalls die Festigkeit. Eine Verunreinigung des Zinks durch Eisen und Blei zugleich wirkt am schädlichsten und macht es kaltbrüchig, so daß es als Blech beim Biegen reißt und bricht.

Die Verarbeitung des Zinks erfolgt, wenn es nicht zu Legirungen verwendet wird, gewöhnlich zu Blechen, seltener zu Drähten. Das Zink wird behufs der Blechfabrikation umgeschmolzen, in eisernen Formen zu Platten von entsprechender Größe ausgegossen und bei einer Temperatur von etwa 100 Grad ausgewalzt. Auch die Walzen dürfen nicht kalt sein. Zum Umschmelzen und Anwärmen des Zinks rechnet man auf einen Centner Zinkblech etwa 1 Scheffel Steinkohlen. Zur Erzielung einer bestimmten gleichförmigen Temperatur bedient man sich, um die Zinkbleche zu erwärmen, auch wohl der Salzauflösungen, die in Pfannen kochend gemacht werden. Schubarth empfiehlt für diesen Zweck Auflösungen von Chlorkalcium. Nach dem Walzen werden die Bleche nochmals angewärmt und erkalten dann allmählig. Die bedeutendsten Zinkhütten hat die belgische Gesellschaft Vieille montagne, welche in Belgien, am Rhein und in Schlesien Hütten besitzt. Die Bleche zeichnen sich durch Zähigkeit aus.

Die Bleche werden nach Centnern und Kisten verkauft; jede Kiste enthält etwa 5 Centner Blech. Die Tafeln sind gewöhnlich 6 Fuß lang und 2 Fuß 8 Zoll breit; die Bezeichnung der Stärke geschieht nach Nummern; die schwächste Sorte hat Nr. 1, die stärkste Nr. 14. Für den Maschinenbau und zu Dachdeckungen werden vorzugsweise die Nummern 10 bis 14 verwandt.

Zinkblech	enthält pro Centner	die Kiste enthält	der Quadratfuß wiegt
Nr. 10	8 Tafeln.	39 Tafeln.	circa $^7/_8$ Pfund.
" 11	7 "	34 "	" 1 "
" 12	6 "	29 "	" $1\,^1/_6$ "
" 13	5 "	24 "	" $1\,^1/_2$ "
" 14	4 "	19 "	" $1\,^3/_4$ "

Zum Dachdecken wendet man Nr. 12 oder 13 an.

Zinkdraht findet wenig Anwendung, dagegen fertigt man Nägel aus Zink, um mit denselben Zinkplatten zu nageln, weil Nägel von jedem andern Metall mit Zink in Berührung eine galvanische Wirkung hervorbringen.

§. 48.

Das Zinn.

Das Zinn hat eine dem Silber sehr ähnliche weiße Farbe und starken Metallglanz, es ist härter als Blei, läßt sich gleichwohl mit gewöhnlichen Messern schneiden und schaben. Das Zinn ist eines der am meisten streckbaren Metalle und läßt sich zu sehr dünnen Blättern (Zinnfolie, Stanniol) von $^1/_{1000}$ Zoll Dicke, 100 bis 200 Zoll Länge auswalzen und aushämmern. Reibt man Zinn mit den Fingern, so verliert es den Metallglanz (der übrigens auch bei gewöhnlichem Gebrauche sich bald vermindert), und verbreitet einen eigenthümlichen Geruch. Gegossenes Zinn giebt beim Biegen einen eigenthümlich knisternden Ton, der durch das krystallinische Gefüge erklärt wird und der sich durch wiederholtes Biegen, sowie durch Walzen und Hämmern verliert, indem sich das Gefüge ändert. Wenn man nicht zu dünne Zinnstangen heftig hin und her biegt, so erwärmen sie sich so bedeutend, daß man sie nicht in der Hand halten kann.

Der Schmelzpunkt des Zinns liegt zwischen 230 und 239 Grad C.; bei höheren Temperaturen, in der Weißglühhitze verflüchtigt es sich. An der Luft und bei gewöhnlichen Temperaturen oxydirt es sehr wenig, indem es seinen Glanz etwas verliert und sich mit einem dünnen grauen Ueberzug bedeckt, desto leichter oxydirt es im geschmolzenen Zustande, wobei es sich mit einer in Regenbogenfarben glänzenden Haut überzieht. Diese besteht aus Zinnoxyd und aus metallischem Zinn und wird Zinnkrätze genannt. Beim Glühen unter Luftzutritt verwandelt es sich in ein geblich weiß aussehendes Oxyd (Zinnasche), welches man zum Putzen und Poliren metallischer Oberflächen benutzt. Geschmolzenes Zinn erstarrt beim Ausgießen sehr schnell und nimmt eine sehnige und zähe Textur an. In der Nähe des Schmelzpunktes ist es spröde und wird durch Hammerschläge zertrümmert. Diese Eigenschaft benutzt man zuweilen, um größere Zinnstücke zu zertheilen. Die Bruchflächen der also zertrümmerten Zinnmasse sind glänzend, sehr faserig oder auch grobkörnig mit einem Anschein von krystallinischem Gefüge. Die Krystallform des Zinns ist das Rhomboëder.

Das Zinn dehnt sich beim Erwärmen von 0 Grad bis 100 Grad C. um etwa $^1/_{460}$ seiner Länge bei 0 Grad aus (0,0019 bis 0,0025).

Zinn läßt sich zu Draht von verschiedener Stärke ausziehen. Der Zinndraht ist biegsam, läßt sich ohne zu brechen oft hin und her biegen, ist mittelmäßig zähe, aber fast ganz unelastisch.

Das spezifische Gewicht des Zinns ist wesentlich von seiner Reinheit abhängig, es beträgt bei reinem Zinn 7,29 bei 15 Grad C. (7,285 bei 16 Grad).

Durch Schlagen und Walzen wird das Zinn verdichtet und das spezifische Gewicht auf 7,299 bis 7,475 vermehrt.

Das käufliche Zinn ist oft durch leichtere Metalle (Antimon, Arsenik)

verunreinigt, und hat dann nur ein spezifisches Gewicht von 7,09; zuweilen enthält das käufliche Zinn auch schwerere Metalle, wodurch sich das spezifische Gewicht bis auf 7,58 vermehrt.

Das Zinn zeichnet sich durch seine sehr geringe Verwandtschaft zu Säuren aus, da es von verdünnten Säuren fast gar nicht, von starken Säuren, mit Ausnahme der Salzsäure und des Königswassers, nur langsam aufgelöst wird; selbst Schwefelsäure löst das Zinn nur langsam auf. Pflanzensäuren und Essigsäure lösen das Zinn auf. Wasser wird von Zinn in gewöhnlichen Temperaturen nicht zersetzt, dagegen lösen Alaun und Weinstein mit Wasser in zinnernen Gefäßen gekocht das Zinn auf. Zinn zersetzt das Wasser in der Weißglühhitze, ebenso unter Mitwirkung von heißer concentrirter Schwefelsäure oder von Salzsäure.

Wegen der geringen Verwandtschaft des Zinns zu Säuren und wegen seiner Unveränderlichkeit in der Luft, selbst in feuchter Luft, verwendet man es häufig zu Gefäßen, entweder unmittelbar, oder auch indem man andere Metalle (Eisen, Kupfer, Messing) damit überzieht (verzinnt).

Das wichtigste und fast einzig zu verhüttende Zinnerz ist der Zinnstein (Zinngraupen), ein natürliches Zinnoxyd, welches in mancherlei Krystallformationen, deren Grundform ein quadratisches Oktaëder ist, auch derb und eingesprengt in Körnern und Knollen vorkommt. Der Zinnstein giebt am Stahl Funken, ist bald mehr, bald weniger, oft gar nicht durchsichtig und ebenso verschieden ist sein Glanz, die Farbe ist braun, mit mancherlei Abtönungen in's Graue, Schwarze, Rothe, Gelbe; er kommt im Urgebirg, oft als Gemengtheil mancherlei Felsarten vor (Zinnzwitter).

In Deutschland findet sich Zinnstein im sächsischen und böhmischen Erzgebirge und in Schlesien, doch nur in sehr armen Erzen, ebenso in Frankreich.

Die reichsten Zinnerze Europas sind die englischen (Cornwales und Devonshire), auch in Spanien, in Schweden, in Sibirien, in Grönland giebt es Zinnstein. Sehr wichtiger Zinnbau wird in Asien, in China, Siam, Pegu auf der Halbinsel Malacka und auf der Insel Banka betrieben; auch in Amerika wird Zinn gewonnen, in Mexico und in Chili.

Abarten des Zinnsteins sind der Zinnsand (Seifenzinn), welcher in Gebirgsarten sich findet, die durch Verwitterung und Abschwemmung von zinnerzreichen Urgebirgen entstanden sind, und das Holzzinn, ein faseriges Zinnerz, welches sich mit andern Mineralien verwachsen im Schuttland der südamerikanischen Gebirge und in Cornwales findet.

Im Gegensatz zu dem Seifenzinn, heißt der in der Urgebirgsformation in einzelnen Schichten (Stockwerken) eingesprengte Zinnstein auch Bergzinn.

Außer dem Zinnstein kommt auch noch Zinnblende (Schwefelzinn) in der Natur vor.

Dem Ausbringen der Zinnerze geht ein mühsames Pochen, Waschen und Schlämmen der Erze vorher; der beim Schlämmen gewonnene Schlich wird in Flammöfen mit Giftfang (um die arsenige Säure aufzufangen) geröstet, dann wieder gewaschen, geschlämmt und abermals geröstet, und dann in einem niedrigen Schachtofen (6 bis 9 Fuß Höhe) unter Anwendung eines Gebläses reducirt

und geschmolzen. Das geschmolzene Zinn sammelt sich in einem Vortiegel, trennt sich hier von der Schlacke und wird in einer Stichgrube abgestochen.

Gewöhnlich ist es in diesem Zustande noch nicht rein genug, um in den Handel zu kommen; es wird dann noch einem Reinigungsverfahren durch das Pauschen oder Raffiniren unterworfen. Dies geschieht auf dem Pauschherde, der aus einer schräge liegenden Sohle besteht, die nach der Mitte hin von beiden Seiten geneigt ist, so daß sie eine abschüssige Rinne bildet. Dieser Pauschherd wird angewärmt, mit glühenden Kohlen 8 bis 10 Zoll hoch bedeckt und nun schüttet man mit Gießkellen das geschmolzene Zinn auf. Das reine dünnflüssige Zinn läuft zwischen den Kohlen durch, während die dasselbe verunreinigenden Metalle in den Kohlen hängen bleiben; man sammelt das durchgelaufene Zinn in einem Stichherde und giebt es immer von Neuem auf, bis man es für rein genug hält, dann gießt man es auf eine Kupferplatte (Schicht) von 4 Fuß Länge und 2 Fuß Breite zu dünnen Tafeln aus (10 bis 11 Pfund wiegend), rollt dieselbe zusammen, klopft sie flach und bringt sie so in den Handel.

Die Kohlen (Dörner), in welchen noch flüssiges Zinn sitzt, werden ausgeklopft (gepauscht), um das Zinn noch flüssig zu sammeln, sodann verwendet man die Dörner wieder beim folgenden Zinnschmelzen, um das mit den übrigen Metallen (hauptsächlich Eisen) in den Kohlen hängen gebliebene Zinn noch zu gewinnen.

Das englische Verfahren die Erze durch Pochen, Waschen, Schlämmen, Rösten u. s. w. aufzubereiten ist dem oben beschriebenen ähnlich. Der zuletzt erhaltene schwarze Schliech (Schwarzzinn) wird in Flammöfen ausgebracht, indem man ihn mit Steinkohlenklein gemengt und mit einem Zuschlag von gelöschtem Kalk und Flußspath versehen, schmelzt, die Schlacken öfter abzieht, die Masse gut durchrührt und endlich das Zinn unter der Schlackendecke absticht, bis die Schlacken nachfolgen.

Das in einem Abstichkessel gesammelte flüssige Zinn wird mit Gießkellen in Formen gefüllt und in Blöcke gegossen; die Schlacken dagegen unterliegen einer weitern hüttenmännischen Verarbeitung auf Zinn.

Das durch das Schmelzverfahren im Flammofen gewonnene Zinn muß noch durch ein folgendes Verfahren, das Saigern und Raffiniren gereinigt werden. Hierzu bedient man sich eines Flammofens, welcher 130 Centner Zinn von dem Schmelzverfahren auf einmal faßt. Das Zinn wird in dem Flammofen eingeschmolzen, in einen eisernen Stichkessel abgestochen, während die sehr eisenhaltigen Schlacken auf der Herdsohle zurückbleiben, und nun nimmt man in dem Stichkessel das eigentliche Raffiniren vor. Das Zinn wird durch Steinkohlenfeuer flüssig erhalten und durch Umrühren mit hölzernen Stangen vermöge der, bei dem Verbrennen derselben sich bildenden Gase und Dämpfe in wallende Bewegung gesetzt. Statt dieses Verfahrens wendet man auch wohl das Raffiniren durch Aufstoßen an, indem man einen Theil der Zinnmasse mit der Gießkelle abschöpft und dann aus einiger Höhe in die geschmolzene Masse zurückfallen läßt.

In beiden Fällen tritt eine wallende Bewegung ein, welche das Schäumen des Zinns genannt wird. Es bildet sich dabei auf der Zinnmasse ein Schaum

(Zinnoxyd mit fremden Metallen) und ein Bodensatz, bestehend aus schwereren Metall-Legirungen. Man stellt nach drei Stunden die Arbeit ein, läßt das Zinn sich absetzen, wobei es sich in drei Lagen von verschiedenem spezifischen Gewicht sondert; die oberste Lage enthält das reinste Zinn, wird zuerst mittelst Gießkellen abgeschöpft und in Granitformen zu Blöcken gegossen, dann folgt die zweite und dann die dritte Schicht, welche in derselben Reihenfolge weniger reines Zinn liefern.

Das Produkt heißt Blockzinn und kommt als solches in den Handel.

Die Blöcke wiegen etwa 3 Centner.

Das Verhütten des Seifenzinns ist einfacher, als das des Bergzinns und der Zinnzwitter, da dieses Erz fast ganz frei von fremden Metallen ist, und daher auch ein reineres Zinn liefert. Das Ausbringen geschieht entweder in Schachtöfen oder auch in Flammöfen; das Raffiniren wie beim Bergzinn in Abstichkesseln. Man bedient sich hier nasser Kohlen, die man in das geschmolzene Metall bringt und mittelst eiserner Stäbe untertaucht, um das Schäumen (s. oben) zu bewirken. Auch hier läßt man das raffinirte Zinn in drei Lagen sich setzen, füllt dieselben mit der Gießkelle in Formen und gestaltet sie zu Blöcken von 120 bis 130 Pfund im Gewichte. Das beste Zinn macht man zu Körnerzinn, indem man das Metall so weit erwärmt, daß es brüchig wird (siehe zu Anfang dieses Paragraphen) und dann die Blöcke von einer beträchtlichen Höhe herabfallen läßt; sie zersplittern dann in Brocken von starkem Metallglanz.

Das im Handel vorkommende Zinn ist niemals chemisch rein, obwohl das feinste englische Körnerzinn meist nur Spuren von Eisen enthält (selten bis 0,1 Procent), das gewöhnliche Zinn ist mit Eisen und Kupfer und das deutsche meist auch noch mit Antimon, Arsenik, Wismuth, Blei, Wolfram und Molybdän verunreinigt.

Die beiden letztgenannten Metalle thun weder dem Glanz und der Farbe noch der Zähigkeit des Zinns Eintrag, machen es aber strengflüssiger. Dagegen verändern $^1/_2$ bis 1 Procent Eisen, Kupfer, Antimon und Blei die Farbe in's Graue oder bläulich Graue, mindern den Metallglanz und verursachen, daß es an der Luft anläuft. Ein Gehalt an Arsenik macht das Zinn sehr weiß, aber hart und spröde.

Behufs des Gebrauchs in den Gewerben pflegt man das Zinn oft absichtlich mit Blei zu versetzen; beträgt der Gehalt an Blei nicht mehr als das Dreifache des Zinns, so wird die Legirung leichtflüssiger als reines Zinn (s. §. 43. S. 273). Beträgt der Bleigehalt mehr als $^1/_3$ des Zinns, so ist das Zinn zu Geräthen, in welchen Speisen aufbewahrt oder bereitet werden, ebenso zu Farbekesseln in Färbereien u. s. w. ungeeignet, denn für den erstgenannten Gebrauch ist der Bleigehalt in dieser Quantität der Gesundheit nachtheilig, im andern Falle stumpft er manche Farben ab.

Ueber den Bleigehalt im Zinn macht Karmarsch *) folgende Angaben:

Man unterscheidet:

*) Mech. Techn. I. S. 41.

vierstempliges Zinn	aus	32	Theilen	Zinn	und	1	Theil	Blei.
dreistempliges	„	5	„	„	„	1	„	„
fünfpfündiges	„	4	„	„	„	1	„	„
vierpfündiges	„	3	„	„	„	1	„	„
zweistempliges (dreipfündiges)	„	2	„	„	„	1	„	„
zweipfündiges	„	1	„	„	„	1	„	„

Das Probezinn enthält in Oesterreich auf 10 Theile Zinn 1 Theil Blei; in Hannover auf 6 Theile Zinn 1 Theil Blei (Probe zum Sechsten) oder auf 10 Theile Zinn 1 Theil Blei (Probe zum Zehnten, Kronzinn). In Frankreich darf zu Gefäßen für Speisen und Getränke das Zinn nicht unter einem Gehalte von 82 Procent (82 Zinn, 18 Blei, wobei das spezifische Gewicht 7,765 ist) verarbeitet werden. — Das zu den Orgelpfeifen angewendete Zinn ist mehr oder weniger mit Blei versetzt; den Gehalt desselben an reinem Zinn (Löthigkeit) drückt man aus durch die Angabe, wie viel Gewichtstheile Zinn in 14 Theilen des Gemisches enthalten sind. Am meisten wird zu diesen Pfeifen 10löthiges Zinn (aus 10 Theilen Zinn, 4 Theilen Blei) verarbeitet. Andere bestimmen die Löthigkeit nach dem Gehalte in halben Pfunden und verarbeiten am gewöhnlichsten 12löthiges Zinn (auf 12 Loth Zinn, 4 Loth Blei).

Die geringhaltigen Mischungen nennt der Orgelbauer Metall; solches Metall ist gewöhnlich 4- oder 5löthig. 4 Zinn und 3 Blei ist eine taugliche und gebräuchliche Legirung zu Spielzeug (Soldatenfiguren u. dergl. m.) Der leichtflüssigsten Mischungen aus Blei und Zinn bedient man sich zum Löthen.

Man kann den Bleigehalt des Zinns annähernd nach dem Ansehen beurtheilen, welches dessen Oberfläche darbietet, wenn man es in einem Tiegel oder eisernen Löffel schmelzt und im Augenblicke, wo es die ersten Spuren der beginnenden Erstarrung zeigt, auf eine Fläche ausgießt (Zinnprobe). Reines oder sehr wenig bleihaltendes Zinn erscheint dann mit weißer glänzender Oberfläche; 1 Theil Zinn mit $^1/_4$ Theil Blei ist dicht mit nadelförmigen Krystallisationen bedeckt; 1 Zinn mit $^1/_2$ Blei zeigt große runde Flecken; 1 Zinn mit 1 Blei eben solche Flecken, aber kleiner und sehr zahlreich; 1 Zinn mit 2 bis 2$^1/_2$ Blei einen matten, mit kleinen glänzenden Punkten besäeten Grund; 1 Zinn mit 3 Blei endlich eine ganz matte, fast silberweiße Fläche, auf welcher nur Spuren von feinen glänzenden Punkten erkannt werden können.

Die Mischung von gleichviel Zinn und Blei wird durch die Kante des Fingernagels noch ein wenig geritzt; dies findet nicht mehr statt, wenn die Menge des Zinns drei Viertel des Gemisches beträgt. Enthält die Legirung weniger als 15 Procent Blei, so gibt sie auf weißem Papier keinen grauen Strich mehr; die an Blei reicheren Mischungen färben desto stärker ab, je mehr sie Blei enthalten.

Stark bleihaltigem Zinn giebt man öfters durch Zusatz von Antimon mehr Härte und Steifheit, wobei aber die Dehnbarkeit leidet, und das Metall leichter schwarz wird (anläuft). Auch kleine Zusätze von Kupfer, Zink, Wismuth sind gebräuchlich, um das Zinn härter zu machen.

Das im Handel vorkommende Zinn wird theils nach seiner Form, theils nach seinem Ursprung benannt. Man unterscheidet:

Blockzinn, in Blöcken.

Körnerzinn in körnigen Stücken durch Zerschlagen des feinsten Zinns hergestellt (s. oben).

Stangenzinn, in Stangen und Barren gegossen, auch wohl in pyramidalen Stücken.

Lammzinn, wohl eigentlich ein verdorbener Ausdruck für Lamellenzinn, in aufgerollten dünnen Tafeln, welche flach zusammengeklopft sind.

Die drei letztgenannten Sorten kommen in Fässern verpackt in den Handel. Nach den Ursprungsgegenden pflegen bei uns folgende Zinnsorten üblich zu sein:

a) Englisches Zinn in verschiedenen Graden der Feinheit; das feinste ist als Körnerzinn bekannt und sehr rein, dann kommt feines Blockzinn in Blöcken von 1 bis 1 $\frac{1}{2}$ Centner und gewöhnliches Blockzinn in Blöcken von etwa 3 Centnern. Nach einer Analyse des englischen Zinns von Berthier betrugen die fremden Beimengungen:

Körnerzinn;	feines Blockzinn;	gewöhnliches Blockzinn;
kein Kupfer	Kupfer 0,0024	0,0116
eine Spur von Eisen	Eisen eine Spur	0,0020
Spuren	0,0024	0,0136.

b) Deutsches Zinn, meist als Lammzinn vorkommend, ist in der Regel sehr unrein und enthält fast alle die oben (S. 299) angegebenen fremden Metallbeimischungen. Das reinste, wenigstens von Eisen freieste Zinn wird erhalten, wenn sich beim Raffiniren des Zinns sogenannte Härtlinge (Hartbrüche) bilden. Diese entstehen, wenn eisenhaltiges Zinn lange Zeit in sehr dünnflüssigem Zustand bleibt; es schlagen sich dann aus der geschmolzenen Masse Körner von einer Eisen-Zinn-Legirung nieder, welche am Boden der Masse sich ablagern und zusammensintern. Man bezeichnet diesen Niederschlag, welcher aber immer mit einem Verlust an Zinnausbeute verbunden ist, unter dem obigen Namen.

c) Das ostindische Zinn, welches theils als Bankazinn in Barren von 40 bis 50 oder von 120 bis 130 Pfund erscheint, theils als Malackazinn in kleinen, abgestumpften vierseitigen Pyramiden im Gewicht von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{5}{4}$ Pfund in den Handel kommt.

Auch als Blech und Draht kommt das Zinn in den Handel, doch wird beides im Maschinenbau wenig oder gar nicht gebraucht.

§. 49.

Das Blei.

Das Blei ist, wenn es metallisch rein ist, von einer eigenthümlich blaugrauen Farbe (bleifarben) und starkem Metallglanz; es oxydirt aber sehr schnell an der Luft und wird blind, indem es sich mit einem Ueberzuge von Suboxyd bedeckt. Bei längerer Einwirkung der Luft nimmt dieser Ueberzug

Sauerstoff und Kohlensäure aus der Luft an, wird schmutzig weiß, pulverig und verwandelt sich in kohlensaures Bleioxyd.

Das Blei ist sehr dehnbar, läßt sich zu dünnen Platten und Stäben aushämmern und walzen, ist sehr biegsam und färbt schon, an nicht besonders rauhen Gegenständen (Fingern, Papier u. s. w.) gerieben, ab, wobei es einen eigenthümlichen Geruch entwickelt. Es läßt sich mit dem Messer schaben, zeigt ein sehr gleichförmiges, dichtes Gefüge, und von allen dehnbaren Metallen die geringste Härte. Wenn es warm gemacht und schnell abgekühlt wird, so wird es härter, ebenso wenn es durch Antimon, Arsenik, Kupfer oder Zink verunreinigt ist (Hartblei). Ungeachtet der großen Weichheit ist es, wie das Zink und das Zinn, doch unbequem mit der Feile zu bearbeiten, da die Zähne derselben sich mit Bleispähnen vollkleben; dasselbe findet statt, wenn man es mit der Säge zertheilen will. Die Anwendung von Wasser vermindert diese Uebelstände.

Der Schmelzpunkt des Bleis wird zwischen 312 und 354,5 C. angegeben, dürfte aber im Durchschnitt etwa zu 322 Grad C. angenommen werden. In der Nähe des Schmelzpunktes wird es spröde und brüchig, und theilt diese Eigenschaft mit dem Zinn; man kann dieselbe benutzen, um Bleiblöcke zu zertheilen, indem man sie entsprechend erwärmt, und dann entweder mit dem Hammer zerschlägt, oder, indem man sie aus einer angemessenen Höhe herniederfallen läßt, zertrümmert. Bei lebhafter Rothglühhitze entwickeln sich Bleidämpfe, und die Masse geräth in's Kochen. Die Bleidämpfe sind der Gesundheit sehr nachtheilig, sie verwandeln sich durch den Luftzutritt sofort in Bleioxyd. Wenn man das Blei in einer geringern Temperatur, als zur Verdampfung erforderlich, in geschmolzenem Zustande der Luft aussetzt, so tritt eine lebhafte Oxydation ein; der Metallspiegel bedeckt sich zuerst mit einer feinen, in Regenbogenfarben schillernden Haut, welche aber bald sich verdickt und einen Ueberzug von Bleisuboxyd von grauer Farbe (Bleiasche) bildet.

Durch Sublimiren des Bleis in verschlossenen Gefäßen schießt es in Krystallen an, welche regelmäßige Oktaëder bilden.

Wenn man das Blei von 0 Grad bis 100 Grad erwärmt, so dehnt es sich um etwa $1/_{350}$ seiner Länge bei 0 Grad aus; die verschiedenen Beobachtungen variiren zwischen 0,0027 und 0,0029.

Das spezifische Gewicht des reinen Bleis wird zwischen 11,33 und 11,44 angegeben. Das im Handel vorkommende Blei hat ein spezifisches Gewicht von 11,30 bis 11,37, da es gewöhnlich durch leichtere Metalle verunreinigt ist. Das Blei ist also spezifisch schwerer als Silber, aber leichter als Quecksilber, Gold und Platin; es ist von den unedlen und dehnbaren Metallen das schwerste.

Das Blei hat große Verwandtschaft zum Sauerstoff und zu verschiedenen Säuren. Die leichte Verwandlung des Bleis in Suboxyd ist schon oben erwähnt. Glüht man dieses Suboxyd (die Bleiasche) an der Luft, so bildet sich Bleioxyd von gelber Farbe (gelbes Bleioxyd, Massikot, Bleigelb, Neugelb, Königsgelb), welches schmelzbar ist und durch Einschmelzen zu einer grünen, glasartigen Masse wird (Bleiglas); es ist dabei sehr dünnflüssig und greift irdene Gefäße an, indem es sie durchdringt.

Das gelbe Bleioxyd in halb geschmolzenem Zustande, wie es beim Abtreiben silber- oder goldhaltiger Erze gewonnen wird, heißt Bleiglätte (Glätte, Silberglätte, Goldglätte). Dieselbe ist meist noch mit allerlei andern Metalloxyden verunreinigt. Außer den genannten Oxydationsstufen giebt es noch einige andere, namentlich Bleisesquioxyd und Bleihyperoxyd. Eine Verbindung des Bleisesquioxydes und des Bleioxydes zu gleichen Theilen ist die Mennige; von bekannter rother Farbe (Pariserroth); sie entsteht durch fortgesetztes Glühen des gelben Bleioxydes. Glätte und Mennige finden im Maschinenbau bei der Bereitung von Kitten und Firnissen Anwendung.

Blei wird von sehr vielen Säuren angegriffen und bildet der Gesundheit schädliche Salze. Am bekanntesten sind das kohlensaure Bleioxyd (als Weißbleierz, Bleispath in der Natur vorkommend, und als Bleiweiß künstlich dargestellt) und das essigsaure Bleioxyd (Bleizucker).

In luftfreiem Wasser wird Blei nicht angegriffen; an der Luft erleichtert das Wasser die Bildung von kohlensaurem Bleioxyd; destillirtes Wasser unter Luftzutritt bildet Bleioxydhydrat. Ob die Veränderung des Wassers in bleiernen Röhren der Gesundheit nachtheilig sei, ist eine noch nicht erledigte Streitfrage.

Die wichtigsten Bleierze sind der Bleiglanz und das Weißbleierz.

Der Bleiglanz ist Schwefelblei; er kommt theils in Krystallen verschiedener Form, in Würfeln, Oktaëdern u. s. w., theils in krystallinischen Gebilden mancherlei Gestalt, auch derb und in buntem zerreiblichem Sandstein mit andern Bleierzen eingesprengt (Sanderz, Knotenerz) vor; die Farbe ist bleigrau, von verschiedener Tiefe bis zum Schwarzen, glänzend; das Gefüge blätterig und strahlig. Der Bleiglanz kommt fast immer mit einer Menge anderer Metalle gemeinschaftlich vor, und darunter ist in den meisten Fällen Schwefelsilber und Schwefelgold. Ist die Ausbeute dieser edlen Metalle lohnend, so wird das Erz darauf verarbeitet. — Die Gewinnung des Bleiglanzes findet in vielen Gegenden Deutschlands (Erzgebirge, Schlesien, Harz, Böhmen, Rheingegend), sodann in Ungarn, in England, Schottland und Irland, in Frankreich und in Belgien statt.

Das Weißbleierz (kohlensaures Bleioxyd) kommt in sehr mannigfaltigen Krystallgebilden vor, welche sich auf die gerade rhombische Säule zurückführen lassen, außerdem derb und eingesprengt, knollig und zerfressen, körnig. Die Farbe ist weiß in mancherlei Abtönungen in's Blaue und Grüne, der Glanz lebhaft, oft sind die Krystalle durchsichtig oder durchscheinend. Gewöhnlich ist das Erz mit Bleiglanz und mancherlei andern Metallerzen in Urgebirgsformationen eingesprengt, zuweilen haben diese Mineralien schon eine Entmischung erfahren und das Erz ist erdig (Bleierde). Weißbleierz kommt vor in Westfalen, in der preußischen Rheinprovinz, in Schlesien, im Harz, im sächsischen Erzgebirge, in Böhmen, Baiern, Baden, Kärnthen, in Ungarn und Gallizien, in England und Schottland, auch in Frankreich und in Sibirien.

Von geringerer Bedeutung für die Blei-Gewinnung sind das Vitriolbleierz (schwefelsaures Bleioxyd) und das Grün- oder Braun-Bleierz (phosphorsaures Bleioxyd).

Das Ausbringen des Bleis aus den Erzen ist nach der Beschaffenheit derselben verschieden. Das Weißbleierz erfordert ein einfaches Verfahren durch Schmelzen in Schachtöfen, besser in Flammöfen, wobei die Kohlensäure ausgetrieben und das Bleioxyd mit Kohle reducirt wird. Sehr viel umständlicher ist die Verhüttung der schwefelhaltigen Bleierze (Bleiglanz), welche jedoch die am häufigsten vorkommenden sind.

Die Bleiglanz enthaltenden Erze werden durch Pochen, Waschen und Schlämmen aufbereitet, von der Gangart möglichst befreit, und unterliegen dann entweder der Röstarbeit oder der Niederschlagsarbeit oder einem gemischten Verfahren.

Die Röstarbeit wird, wie bei den Kupfererzen und Zinnerzen, entweder in freien Haufen, zuweilen in gemauerten Kasten (Stadeln), oder auch besser in Flammöfen vorgenommen.

Hierdurch wird der Schwefelgehalt theils durch Verbrennen zu schwefliger Säure, theils durch Verdampfen vermindert. Das Blei und die übrigen beigemengten Metalle (mit Ausnahme des Silbers) werden hierbei theils in Oxyde, theils in basisch schwefelsaure Salze umgewandelt, und dann in Oefen geschmolzen und reducirt.

Die Oxyde verlieren hierbei, indem man die gerösteten Erze mit Kohlen geschichtet und unter Anwendung des Gebläses schmelzt, den Sauerstoff; die schwefelsauren Salze aber reduciren sich nicht, sondern gehen in einen Rückstand, den Bleistein. Die zum Schmelzen gebrauchten Oefen sind entweder Schachtöfen (Krummöfen von 4½ Fuß Höhe, 1½ Fuß Breite, 3 Fuß Tiefe), worin die ärmern Erze, die Schlacken, das Gekrätze u. s. w. geschmolzen werden, oder es sind Flammenöfen (für Erze, die mindestens 40 Procent Blei enthalten). Die Krummöfen haben einen Vorherd, in welchem sich die geschmolzenen Produkte sammeln, und schichtenweise nach ihrem spezifischen Gewichte ordnen. Die Schlacke schwimmt oben, sie enthält kieselsaure Verbindungen, Eisenoxydul und Bleioxyd, unter der Schlacke liegt der Bleistein, welcher die meisten Schwefelmetalle, Schwefelkupfer, Schwefeleisen mit Schwefelblei enthält; dann kommt die Bleispeise, welche die übrigen Metalle, namentlich Zink, Arsenik, Nickel, Kobalt u. s. w. mit Schwefel und wenig Blei enthält, und unter der Bleispeise liegt das Werkblei, welches reines Blei ist, mit Legirungen der andern Metalle, und welches den größten Theil des Silbers enthält. Aus dem Vorherd des Krummofens wird der Inhalt in einen Stichherd abgelassen, die Schlacken werden abgezogen, der dünnflüssige Stein wird durch Abschrecken mit kaltem Wasser abgekühlt, und entfernt, ebenso die Speise, und endlich füllt man das Werkblei mittelst eiserner Gießkellen in Formen.

Wenn man Flammöfen anwendet, so kann das Rösten in demselben Ofen geschehen; man bedeckt nach der Vollendung des Röstprozesses die Masse mit Kohlenklein, um sie zu reduciren, und sticht das Werkblei von unten ab, wobei Speise und Stein auf der Sohle des Flammofens zurückbleiben, die Schlacke aber abgezogen wird. Schon beim Rösten im Flammofen und noch vor dem Reduktions-

prozeß scheidet sich zuweilen metallisches Blei in geschmolzenem Zustande aus; man sammelt es in kupfernen Kesseln und nennt es „Jungfernblei."

Die Niederschlagsarbeit ist eine Methode das Blei aus Schwefel haltenden Erzen zu gewinnen, ohne dieselben vorher zu rösten. Man bedient sich dazu fast ausschließlich der Krumm- und der Halböfen, nur in sehr seltenen Fällen der Flammöfen.

Die Krummöfen haben die oben angegebenen Dimensionen (4 1/2 Fuß hoch, 1 1/2 Fuß breit, 3 Fuß tief), die Form liegt 15 Zoll über der Sohle des Ofens; die Halböfen, welche man zum Verschmelzen des Schliechs und der Abgänge anwendet, sind etwa 16 Fuß hoch.

Man setzt die Bleiglanzerze mit Eisengranalien (durch Einführen des geschmolzenen Roheisens in fließendes kaltes Wasser, gekörntes Eisen) in den Ofen ein, und schmelzt unter Anwendung eines Gebläses mittelst Steinkohlen. Anstatt der Eisengranalien, oder mit diesen gemengt, setzt man auch Eisenfrischschlacke und oxydirtes Eisen enthaltende Erze zu. Während des Schmelzens verbindet sich der Schwefel des Eisenglanzes mit dem Eisen, es bildet sich Schwefeleisen, welches als Bleistein mit etwas Schwefelblei verbunden fällt, während das Werkblei sich ausscheidet, abgestochen und in Formen gegossen wird.

Das gemischte Verfahren, nach welchem man zuerst einen Röstprozeß für die Erze anwendet, und sodann dieselben mit einem Zusatz von Eisengranalien niederschmelzt, erfordert weniger Hitze, als die reine Niederschlagsarbeit, und wird namentlich da angewendet, wo Bleiglanz und Fahlerze (s. §. 47) zusammen vorkommen, und wo man sowohl auf Blei als Kupfer arbeitet. Diese Arbeit erfordert ein ziemlich komplicirtes Verfahren.

Das durch einen der drei eben genannten hüttenmännischen Prozesse gewonnene Blei, welches in Blöcken von muldenförmiger Gestalt vorkommt, heißt Werkblei. Enthält das Werkblei auf einen Centner weniger als 1 1/4 Loth Silber, so kommt es ohne Weiteres in den Handel als Kaufblei; ist dagegen der Silbergehalt beträchtlicher, so nimmt man eine Verarbeitung auf Silber vor; das Werkblei wird in kleinere Blöcke von 3/8 bis 1/2 Centner gegossen, und kommt als Werkblei zu dem Treibherd. Hier wird das Blei oxydirt, das Silber gewonnen, das oxydirte Blei ist Glätte (s. oben), welche entweder als Kaufglätte in den Handel kommt, oder in Krummöfen auf Blei verhüttet (gefrischt) wird, daher der Name Frischglätte und für das gewonnene Produkt: Frischblei, Glättblei, Weichblei.

Das im Handel vorkommende Kaufblei ist niemals chemisch rein, sondern enthält noch Silber, zuweilen Spuren von Gold, Antimon, Kupfer, Zink, Arsenik, Zinn, Nickel, Kobalt, Schwefelblei u. s. w. Man reinigt das Kaufblei durch Umschmelzen (raffinirtes Blei), wobei unter mäßiger Hitze das leicht schmelzbare Blei ausfließt und die schwerer schmelzbaren Metalle einen Rückstand bilden. Der Gehalt an fremden Metallen im gewöhnlichen Kaufblei beträgt 1 bis 2 Procent.

Das Blei kommt entweder in muldenförmigen Blöcken oder in Tafeln, auch ausgewalzt als Platten, Bleche, Folien in den Handel. Die zum Eindecken von Dächern vorkommenden Bleiplatten haben 1/16 bis 1/12

Zoll Dicke, 2 Fuß 8 Zoll Breite und eine Länge bis zu 10 Fuß. Von $\frac{1}{16}$ Zoll starken Platten wiegt ein Quadratfuß etwa 4 Pfund, von den $\frac{1}{12}$ Zoll starken Platten etwa $5\frac{1}{3}$ Pfund. Die Tafeln werden dabei mit Zinn zusammengelöthet, oder auch nur zusammengeschlagen.

Bleidraht findet im Maschinenbau gar keine, oder doch nur sehr unwesentliche Anwendungen.

§. 50.

Das Antimon und das Wismuth.

Antimon und Wismuth kommen im Maschinenbau fast nur in Legirungen vor. Antimon oder Spießglanz (Spießglanzkönig) ist von bläulich weißer Farbe (Zinnfarbe) mit Metallglanz, es hat ein blättrig, strahliges Gefüge, krystallisirt in regelmäßigen Oktaëdern oder in Rhomben-Dodekaëdern; es ist sehr spröde, aber nicht besonders hart, es schmilzt bei 432 Grad C., verflüchtigt sich an der Luft bei Erhitzung, indem sich Spießglanzoxyd bildet, welches in Gestalt eines weißen Rauches entweicht, es dehnt sich, von 0 Grad bis 100 Grad erwärmt, um etwa $\frac{1}{923}$ seiner Länge bei 0 Grad aus. Geschmolzenes Spießglanz dehnt sich beim Erstarren aus; ist also spezifisch schwerer, als festes Spießglanz. Das spezifische Gewicht ist 6,7 bis 6,8.

Spießglanzplatten braucht man in Zusammenstellung mit andern Metallen zur Erzeugung der Thermo-Elektricität.

Die wichtigsten Spießglanz-Erze sind das Grauspießglanz-Erz (Antimonglanz, Schwefelspießglanz), Spießglanzsülphid (2 Theile Antimon, 3 Theile Schwefel) und das Rothspießglanz-Erz (Spießglanzblende, 2 Theile Spießglanzoxyd und 2 Theile Spießglanzsülphid). — Man gewinnt das Antimon aus dem Grauspießglanzerz im Kleinen durch Schmelzen in Tiegeln mit Salpeter und Weinstein, im Großen dagegen durch Schmelzen in Flammöfen mit einem Zusatz von Eisen.

Das im Handel vorkommende Spießglanz ist gewöhnlich nicht rein, sondern durch Blei, auch wohl durch etwas Zinn und durch geringe Antheile anderer Metalle verunreinigt.

Das Wismuth ist von weißer Farbe mit einem geringen Stich in's Röthliche, es ist glänzend, im Bruch blättrig. Das gewöhnlich vorkommende Wismuth ist spröde und läßt sich durch Zerstoßen in Pulver verwandeln; in ganz reinem Zustande soll es jedoch nach Chaudet etwas dehnbar und biegsam sein, wobei es wie das Zinn knirscht. Es schmilzt bei 246 Grad C., kann aber bis 242 Grad C. abkühlen, bevor es erstarrt.

In der Weißglühhitze ist Wismuth flüchtig; in verschlossenen Gefäßen kann man es destilliren, auch läßt es sich sublimiren, indem es zu Krystallen anschießt. Bei der Erwärmung erleidet es von 0 Grad bis 100 Grad eine Längenausdehnung von $\frac{1}{716}$ seiner Länge bei 0 Grad. Das spezifische Gewicht ist zwischen 9,822 und 9,831.

Man bedient sich des Wismuths als Zusatz zu Metall-Legirungen, um dieselben leichter schmelzbar zu machen.

Das Vorkommen des Wismuths ist theils gediegen, so in Sachsen, Böhmen, Norwegen, Schweden, England und Frankreich, theils in Erzen. Die wichtigsten Wismuth-Erze sind Wismuthocker (Wismuthoxyd), Wismuthglanz (Schwefelwismuth), Kupferwismutherz (Schwefelwismuth mit Schwefelkupfer), Nadelerz (Schwefelwismuth mit Schwefelkupfer und Schwefelblei).

Das Ausbringen des Wismuths geschieht meist aus den Erzen, welche gediegenes Wismuth enthalten, durch Absaigern in Thonröhren. Das erhaltene Wismuth ist dann meist verunreinigt durch Arsenik, Eisen und andere Metalle; man reinigt es, indem man es in Salpetersäure auflöst, durch Wasser niederschlägt und das basisch salpetersaure Oxyd durch schwarzen Fluß reducirt*).

§. 51.

Eigenschaften der Legirungen.

Es ist wahrscheinlich, daß jedes Metall im Stande ist, mit jedem andern in einem oder in mehrern Verhältnissen Verbindungen einzugehen. Diese Verbindungen nennt man Legirungen (Legirungen der Metalle mit Quecksilber nennt man Amalgame — Amalgamirungen). Die Zahl der möglichen Legirungen ist hiernach kaum anzugeben, wenn gleich, wie hier ausdrücklich bemerkt wird, nicht alle Metalle sich auf directem Wege mit einander verbinden können (z. B. Quecksilber und Schmiedeeisen, welche nur durch ein zusammengesetztes Verfahren eine Legirung bilden) und auch manche Metalle sich nur in sehr kleinen Mengen legiren (z. B. Eisen mit Kupfer, Gold, Blei und andern Metallen). Manche Metalle verbinden sich in allen Verhältnissen mit einander, in derselben Weise etwa wie Schwefelsäure und Wasser sich in allen Verhältnissen chemisch verbinden. (Hierher gehört z. B. Gold und Kupfer.)

Die Zahl der möglichen Metall-Legirungen wird noch dadurch wesentlich vermehrt, daß sich die Metalle nicht nur zu je zweien, sondern auch zu je dreien und in größerer Anzahl mit einander verbinden. Hierdurch scheint die Anzahl der Metall-Legirungen fast unbegrenzt. Nichts destoweniger scheint es, daß die Metalle ein Bestreben haben, bei freien Legirungen sich nach bestimmten Mischungsverhältnissen vorzugsweise leicht zu verbinden; dies ist schon aus dem Umstande zu folgern, daß die in der Natur vorkommenden Legirungen gewöhnlich bestimmte Atomverhältnisse zeigen. Auch dürfte die große Verschiedenheit in den Mischungsverhältnissen der Metalle nach Turner's Ansicht**) mehr scheinbar als wirklich sein, und dadurch erklärt werden können, daß sich bei der Legirung zunächst chemische Metall-Verbindungen nach bestimmten Verhältnißzahlen bilden, die dann wieder, sei es unter einander, sei es mit den ungemischten Metallen, Verbindungen eingehen. Diese Erklärung gründet sich nicht allein auf die Art der Darstellung, welche für gewisse Metall-Legirungen nöthig ist, sondern auch auf unmittelbare Beobachtung der Vorgänge bei diesen Legirungen selbst. (Vergl. §. 53.)

---

*) Techn. Chemie II. S. 252.

**) Dr. Turner's Chemistry seventh Edition (1841) p. 559.

Es dürfte zur Zeit kaum möglich sein, bestimmte allgemeine Regeln aufzustellen, nach welchen man die Eigenschaften der zu bildenden Legirung aus den Eigenschaften ihrer Bestandtheile abzuleiten vermöchte. Denn obwohl bei manchen Legirungen die wesentlichsten Eigenschaften und das Aussehen ziemlich dem Mittel aus den verbundenen Metallen entsprechend ist, so weichen doch in andern Fällen diese Eigenschaften außerordentlich von denen der einzelnen Metalle ab, und es erscheinen in der Legirung Eigenschaften, welche sich nach der Beschaffenheit der legirten Metalle kaum vermuthen ließen. Einige Beispiele werden das Gesagte erläutern.

Wenn z. B. Blei, bekanntlich ein sehr weiches und dehnbares Metall, mit Antimon, welches krystallinisch, hart, spröde und brüchig ist, in dem Verhältniß von 12 bis 15 Theilen Blei auf 1 Theil Antimon legirt wird, so erhält man ein Metall, welches dem Blei ähnlich ist; biegsam und geeignet, um zu Platten ausgewalzt zu werden, die man zu Schiffsbeschlägen braucht. 6 Theile Blei auf 1 Theil Antimon werden zu den größten und weichsten Buchdruckerlettern gebraucht, welche sich noch biegen lassen, aber beträchtlich härter sind, als die vorige Legirung; 3 Theile Blei und 1 Theil Antimon werden zu den kleinsten Buchdruckerlettern verwandt, sie sind sehr hart und spröde und lassen sich gar nicht mehr biegen. Da Antimon theurer als Blei ist, so wendet man es in der geringsten Menge an, welche genügend ist, um die beabsichtigten Eigenschaften herbeizuführen. In den genannten Legirungen hat das Antimon außer dem Zweck, daß es die Legirung härter macht, auch noch die andere Bedeutung, daß, weil es beim Erstarren sich ausdehnt, während Blei beim Erstarren sich stark zusammenzieht, das Antimon in gewissem Grade diese Eigenschaft des Bleis aufheben soll, so daß die Legirung die Formen vollständig ausfüllt*). Zu gleichem Zweck setzt man den Buchdruckerlettern auch wohl ein wenig Zinn, Kupfer, Eisen oder Wismuth zu.

Aus dem eben angeführten Beispiele ist es leicht ersichtlich, wie die Eigenschaften des Bleis in der Legirung vorwaltend sind, wenn das Blei den bedeutendern Bestandtheil ausmacht, und wie diese Eigenschaften immer mehr zurücktreten, je mehr der Gehalt des Antimon zunimmt. Bei einem Verhältniß von 4 Theilen Blei zu einem Theil Antimon gleichen sich diese Eigenschaften fast ganz aus; der Bruch der Legirung ist nicht mehr gleichförmig, wie der des Bleis, noch blättrig, wie der des Antimons, sondern Gefüge und Ansehen nähern sich vielmehr denjenigen, welches manche Sorten Stahl und Gußeisen zeigen. Gleiche Eigenthümlichkeiten zeigen die Legirungen des Bleis mit Zinn; das letztgenannte Metall theilt der Legirung etwas von seiner größern Härte, seiner glänzend weißen Farbe, und seiner leichteren Schmelzbarkeit im Verhältniß zu der

*) Zuweilen werden aus ökonomischen Gründen die benachbarten Theile von Maschinerien nicht genau passend gearbeitet, man vergießt vielmehr die Zwischenräume, um die Theile schließend zu machen, mit Blei. Verwendet man hierzu reines Blei, so zieht sich dasselbe beim Erstarren zusammen und es bleiben Lücken, hier ist ein Zusatz von Antimon sehr wesentlich, da durch denselben die Zusammenziehung des Bleis theilweise, oder ganz aufgehoben, und ein dichter Schluß der Fugen herbeigeführt werden kann.

Beträchtlichkeit des Zusatzes mit. Dies zeigt sich z. B. in den verschiedenen Legirungen, welche in England unter den Namen Pewter bekannt sind*).

Als Beispiele, wie nach dem oben Gesagten die Eigenschaften der Legirung von denen der Bestandtheile wesentlich differiren, heben wir folgendes hervor.

9 Theile Kupfer, welches von rother Farbe ist, und 1 Theil Zinn, welches weiß ist, bilden die gelbe weiche und dabei starre Legirung, welche man Kanonenmetall (Geschützbronze) nennt, die sich weder zu Platten walzen noch zu Draht ausziehen läßt, und die schon Plinius als Bronze seiner Zeit beschreibt. Der weitere Zusatz von Zinn, dieses weichen Metalls, vermehrt die Härte und Sprödigkeit der Legirung. Bei einem Gehalt von $1/_6$ Zinn erreicht die Legirung das Maximum der Härte, welche für den Gebrauch im Maschinenbau noch zulässig ist, bei einem Zinngehalt von $1/_4$ bis $1/_3$ wird die Legirung außerordentlich elastisch und tönend, und die Sprödigkeit derselben ist viel beträchtlicher als die Härte vermehrt worden.

Wenn in den Legirungen zwischen Kupfer und Zinn das Kupfer 2 Theile und das Zinn 1 Theil ausmacht, so ist die Legirung so hart, daß sie sich mit Werkzeugen vom besten Stahl kaum bearbeiten läßt, und so spröde, daß, wenn man mit einem Hammer darauf schlägt, oder sie plötzlich erwärmt, sie wie Glas in Stücke zerspringt, und anstatt des dehnbaren und streckbaren Gefüges, welches man nach den Eigenschaften des Kupfers und des Zinns hätte erwarten sollen, eine sehr stark krystallinische Struktur zeigt. Die genannte Legirung hat keine Spur mehr von der rothen Farbe des Kupfers, sie ist sehr weiß und einer außerordentlichen Politur fähig. Da sie nicht leicht zu Schrammen geneigt ist, so wendet man sie mit Vortheil zu den Spiegeln der Teleskope und ähnlichen Instrumenten an.

Wenn man dagegen Kupfer in denselben Verhältnissen, mit einem vom Zinn sehr verschiedenen Metall, nämlich mit Zink legirt (2 Theile Kupfer, 1 Theil Zink), so ergiebt sich eine Mischung, welche Eigenschaften zeigt, die denen des Spiegelmetalls gradezu entgegengesetzt sind. Das Zink ist wie das Zinn von weißer Farbe, aber viel weniger streckbar und zähe, und gleichwohl ist die Legirung leicht mit der Feile zu bearbeiten, läßt sich durch Hammerschläge verdichten, auswalzen und zu Draht ziehen, und giebt das weiche gelbe Messing.

So wenig hiernach die Eigenschaften der Legirungen aus denen der Bestandtheile sich vorher bestimmen lassen, so giebt es doch einzelne Punkte, über die sich allgemeine Angaben machen lassen; hierzu sind folgende zu rechnen:

1) Gefüge der Legirungen.

Die Legirungen sind immer spröder, als das weichste Metall, aus denen sie bestehen; niemals wird die Sprödigkeit eines Metalls durch Legirung mit einem noch spröderen vermindert.

---

*) Legirungen zu Gefäßen und Geräthen 4 Theile Zinn, 1 Theil Blei (ley-pewter), 6 Zinn, 1 Antimon, — 50 Zinn, 1 Antimon, 1 Wismuth, 1 Kupfer (plate-pewter), — 56 Zinn, 8 Blei, 4 Kupfer, 1 Zink — u. s. w.

2) Härte der Legirungen.

Die Härte der Legirungen ist immer beträchtlicher als die Härte des weichsten Metalls, aus welchem sie bestehen; niemals wird ein weiches Metall durch Legirung mit einem härtern Metall weicher, wohl aber wird zuweilen die Härte außerordentlich gesteigert.

3) Streckbarkeit und Schmiedbarkeit der Legirungen.

Die Legirungen sind immer weniger streckbar als das dehnsamste Metall, aus dem sie bestehen. Ein dehnsames Metall wird durch Legirung mit einem weniger dehnsamen niemals zäher und streckbarer, wohl aber verliert es oft durch geringen Zusatz eines weniger dehnsamen Metalls seine Streckbarkeit fast ganz. So machen Antimon, Arsenik, Eisen die meisten Metalle hart und spröde.

4) Spezifisches Gewicht und Volum der Legirungen.

Das spezifische Gewicht der Legirungen ist sehr selten das harmonische Mittel zwischen den spezifischen Gewichten der einzelnen Bestandtheile und folglich ist auch das Volum der Legirungen nicht die Summe der Volumina der einzelnen Bestandtheile. Das absolute Gewicht wird freilich durch die Legirung nicht verändert. Manche Legirungen erleiden eine Verminderung des Volums, andere erleiden eine Vergrößerung des Volums, und folglich haben die erstern ein größeres, die letztern ein geringeres spezifisches Gewicht. Im Allgemeinen ordnen sich die Legirungen in folgender Weise*):

Legirungen, deren spezifisches Gewicht geringer wird.	Legirungen, deren spezifisches Gewicht größer wird.
Gold und Silber,	Gold und Zink,
Gold und Eisen,	Gold und Zinn,
Gold und Blei,	Gold und Wismuth,
Gold und Kupfer,	Gold und Antimon,
Gold und Iridium,	Silber und Zink,
Gold und Nickel,	Silber und Blei,
Silber und Kupfer,	Silber und Zinn,
Kupfer und Blei,	Silber und Wismuth,
Eisen und Wismuth,	Silber und Antimon,
Eisen und Antimon,	Kupfer und Zink,
Eisen und Blei,	Kupfer und Zinn,
Zinn und Blei,	Kupfer und Palladium,
Zinn und Palladium,	Kupfer und Wismuth,
Zinn und Antimon,	Blei und Antimon,
Nickel und Arsenik,	Blei und Molybdän,
Zink und Antimon.	Palladium und Wismuth.

*) Technisches Wörterbuch II. 573.

5) Schmelzpunkte der Legirungen.

Der Schmelzpunkt der Legirungen ist in den meisten Fällen geringer als der Schmelzpunkt des am leichtesten flüssigen Metalls, aus dem sie bestehen. Oft ist diese Zunahme der Leichtflüssigkeit außerordentlich, wie dies die Legirungen von Zinn, Blei und Wismuth zeigen (vergl. §. 43. S. 273), welche als leichtflüssige Metalle bekannt sind. Diese Eigenthümlichkeit wird in der Technik vielfach benutzt, theils indem man zum Löthen leichtflüssiger Metalle eine Legirung derselben, welche noch leichter flüssig ist, benutzt, theils indem man für gewisse Zwecke die Strengflüssigkeit mancher Metalle durch Legirung mit andern Metallen vermindert.

6) Verhalten der Legirungen in der Wärme.

Manche Metalle sind bekanntlich bei niedrigen Temperaturen dehnbar und streckbar, bei höheren Temperaturen werden sie spröde und brüchig; andere Metalle vermehren ihre Geschmeidigkeit mit der Zunahme der Temperatur. Wir können als erste Gruppe von den bekanntesten Metallen zusammenstellen Zinn, Blei und Zink, als zweite Gruppe Gold, Silber, Kupfer, Eisen. Legirungen, in welchen Metalle der ersten Gruppe vorkommen, theilen die Eigenthümlichkeiten dieser Gruppe, sie werden bei Erwärmung über einen gewissen Temperaturgrad hinaus, der gewöhnlich noch ziemlich weit von dem Schmelzpunkt entfernt liegt, spröde und brüchig, und lassen sich daher nur bei mäßigen Temperaturen gut bearbeiten, walzen, ziehen, schmieden.

7) Oxydirbarkeit der Legirungen.

Die meisten Legirungen sind leichter oxydirbar als die Metalle, aus denen sie bestehen, eine Erscheinung, die man daraus zu erklären gesucht hat, daß die Metalloxyde oft eine größere chemische Verwandtschaft zu einander haben, als die reinen Metalle, und daß daher ein Bestreben zur Bildung dieser Oxyde vorwaltend ist. So wird z. B. angeführt, daß eine Legirung von Zinn und Blei, welche man bis zur Rothglühhitze erwärmt, sich sehr lebhaft unter Bildung einer schwachen Flamme oxydirt, und längere Zeit fortglüht, wie ein Stück Torf.

§. 52.

Bildung der Legirungen. — Metallische Ueberzüge.

Die Bildung der Legirungen ist um so leichter, je größer die chemische Verwandtschaft der Metalle zu einander ist. Jedenfalls muß eins der beiden Metalle oder beide in flüssigem Zustande sein. Manche Metalle verbinden sich mit einander nur unter Gegenwart eines dritten Metalls, als dergleichen Legirungsmittel wirken, namentlich Quecksilber und Arsenik.

Zink und Blei z. B. verbinden sich nicht mit einander, ohne daß ein Zusatz von Arsenik vorhanden ist, indessen ist die Gegenwart von Arsenik in manchen Legirungen aus Gesundheitsrücksichten schädlich. Quecksilber dient z. B. zum Auftragen des Goldes oder des Silbers auf Metallflächen, bei der Vergoldung

oder Versilberung von Gegenständen sowohl auf nassem Wege, als im Feuer. Wenn man Metalle mit einander legirt, welche sehr verschiedene Schmelzbarkeit, oder sehr verschiedenes spezifisches Gewicht haben, so schichten sich oft die Metalle nach ihrem spezifischen Gewicht, anstatt sich mit einander zu verbinden, man muß dann die geschmolzenen Metalle möglichst dünnflüssig machen und sie gehörig umrühren.

Gleichwohl kommt es vor, daß, nachdem das Metall in Formen gegossen ist, sich in der Masse einzelne Legirungen nach bestimmten Mischungsverhältnissen bilden, und, wenn sie leichter sind, in der übrigen Masse in die Höhe steigen.

So findet man beim Gießen der Bronze, seltener beim Messingguß, daß sich Legirungen von Zinn und Kupfer, bezüglich von Zink und Kupfer, in welchen das Zinn oder Zink sich mit dem Kupfer in fast gleichen Gewichtsverhältnissen findet, an der Oberfläche der gegossenen Gegenstände ausscheiden. Es bestätigt dies die im vorigen Paragraphen angeführte Thatsache, daß die Metalle Neigung haben, in bestimmten Verhältnissen sich zu verbinden, und daß die gegossenen Gegenstände oft nur Verbindungen solcher bestimmten Metalllegirungen untereinander mit dem übrigen unlegirten Metall sind. Solche Legirungen, in denen Zink oder Zinn vorherrschend ist, machen dann die Oberfläche der gegossenen Gegenstände oft hart und spröde, auch verunzieren sie durch ihre hellere Farbe das Ansehen von Bronzegegenständen. Man nennt die dadurch entstehenden helleren Stellen „Zinnflecke". Beim Umschmelzen solcher Legirungen, in welchen sich einzelne Verbindungen ausgeschieden haben, lösen sich dieselben wieder auf, und durch mehrmaliges Umschmelzen bekommt man oft die Legirung ganz rein. Dies Verfahren wird oft zwei- bis dreimal wiederholt, wenn es auf einen sehr gleichmäßigen Guß ankommt, wie z. B. bei den Metallspiegeln. Noch häufiger bilden sich beim Zusammenschmelzen von Kupfer und Blei solche Absonderungen von stark bleihaltigen Kupferlegirungen.

Auch bei andern Legirungen findet man, daß die Masse sich zuweilen zerlegt in zwei oder mehr verschiedene Legirungen, von denen oft die eine dünnflüssiger als die andere ist, und sich aus den dickflüssigen durch Drücken oder Pressen absondern läßt.

Manche Metalle oxydiren beim Schmelzprozoß sehr leicht, und es ist dann schwer eine reine Legirung oder eine solche in ganz bestimmten Verhältnissen zu bekommen. So verbrennt z. B. beim Messingschmelzen stets ein Theil des Zinks mit heller Flamme. Man vermeidet oder vermindert wenigstens diesen Uebelstand, wenn man die Oberfläche der zu schmelzenden Metalle mit einer kohlenstoffreichen Substanz überdeckt, welche reducirend wirkt. Beim Messing-Schmelzen wendet man Kohlenklein, beim Schmelzen von Blei und Zinn Kolophonium oder auch Talg an.

Hat man mehr als zwei Metalle durch Zusammenschmelzen zu legiren, so entstehen oft aus der verschiedenen Schmelzbarkeit und aus der verschiedenen chemischen Verwandtschaft der Metalle allerlei Schwierigkeiten, die man nur durch Uebung und Erfahrung beseitigen kann. Man thut in solchen Fällen oft

gut, zuerst je zwei Metalle zu legiren, und dann die entstandenen Legirungen zusammenzuschmelzen, oder das dritte Metall in die flüssige Legirung einzubringen.

Zuweilen dient der Umstand, daß in Legirungen, die aus mehrern Metallen bestehen, bestimmte Metalle sich leichter verbinden als andere, zum Vortheil und erleichtert die Operation des Ausscheidens gewisser Metalle aus der Legirung. Das hierauf begründete Verfahren ist diejenige hüttenmännische Arbeit, welche als Saigerprozeß bekannt ist, und die darin besteht, daß man die gebildeten Legirungen von dem übrigen Metall trennt, indem man das Ganze so weit erhitzt, daß entweder die Legirung flüssig wird und ausschmilzt, oder das Metall sich flüssig ausscheidet, während die Legirung zurückbleibt. So wird z. B. bei der Silberarbeit des Kupfers die Silber-Kupferlegirung mit Blei zusammengeschmolzen, nach dem Erkalten hat sich silberhaltiges Blei und Kupfer gebildet; man erhitzt sie bis zum Schmelzpunkt des silberhaltigen Bleis, welcher unter dem des Kupfers liegt, und läßt die Legirung ausfließen, während Kupfer als Rückstand bleibt.

Wenn eines der beiden zu legirenden Metalle in festem, das andere aber in flüssigem Zustande sich befindet, so bildet sich gewöhnlich nur an der Oberfläche des erstgenannten eine Legirung in Form eines Ueberzuges. Eine erhöhte Temperatur, sowohl des flüssigen, als des festen Metalls, erleichtert die Bildung dieses Ueberzuges; selbstverständlich ist aber auch eine metallisch reine Oberfläche des zu überziehenden Metalls eine wesentliche Bedingung. Hierauf beruhen diejenigen Verfahrungsarten, welche man zum Ueberziehen von Schmiedeeisen, Gußeisen, Stahl, Kupfer u. s. w. mit einem andern Metall, namentlich mit Zinn, Zink, Palladium u. s. w. angewendet hat.

Um dergleichen Ueberzüge zu bewirken, hat man verschiedene Verfahrungsarten; die wichtigsten sind folgende:

1) Man löst das aufzutragende Metall in Quecksilber auf (macht ein Amalgam) und trägt dasselbe auf die vorbereitete Oberfläche des zu überziehenden Metalls auf. (Verzinnen, Vergolden, Versilbern auf kaltem Wege.)

   Das Amalgam ist nicht völlig flüssig, sondern nur so weit erweicht, daß es sich reiben und schmieren läßt. Das zu überziehende Stück wird entweder durch Drehen, Hobeln, Feilen u. s. w. metallisch gereinigt, oder man scheuert es mit Schmirgel-Papier, aber ohne Anwendung von Oel, gehörig blank, und reibt es dann mit einem dicken Putzlappen, der mit einigen Tropfen Salzsäure angefeuchtet ist, ab. Hierauf schmiert man mit demselben Lappen das Amalgam auf und nachdem es gut eingerieben ist, verdampft man bei mäßiger Wärme das Quecksilber.

   Um Zinn auf kleinere Stücke Eisen aufzutragen, kann man sich auch des gewöhnlichen Löthverfahrens bedienen.

2) Man schmelzt das aufzutragende Metall und taucht das zu überziehende Stück, nachdem es vorher gehörig gereinigt, und wo möglich bis zum Schmelzpunkt des geschmolzenen Metalls vorgewärmt ist, in die geschmolzene Masse ein. Auf diese Weise werden z. B. Eisen und Kupfer mit Zinn und auch mit Zink überzogen. Die metallische Ober-

fläche wird mittelst Beizen durch verdünnte Schwefelsäure, besser durch Salzsäure gereinigt, zur Vermeidung fernerer Oxydation in eine Pfanne mit Talg getaucht, und dann in sehr reines geschmolzenes Zinn eingetaucht. So macht man z. B. die Weißbleche (verzinnte Eisenbleche).

Zum Ueberziehen des Eisens mit Zink wendet Mallet folgendes Verfahren an. Die Rippen und Platten für Schiffsbeschläge werden zuerst in ein Reinigungsbad gebracht, welches aus gleichen Theilen Schwefelsäure oder Salzsäure und Wasser besteht, und welches erwärmt ist. Hierauf werden dieselben gehämmert und mit Schmirgel oder Sand blank gescheuert, um den Glühspahn und andere Unreinigkeiten gehörig zu beseitigen, und die Oberfläche so rein als möglich zu machen. Sodann bringt man sie in ein Vorbereitungsbad (bestehend aus gleichen Theilen gesättigter Auflösungen von Chlorzink (salzsaurem Zinkoxyd) und Ammoniak), und aus diesem in das metallische Bad, welches aus 202 Gewichtstheilen Quecksilber und 1292 Gewichtstheilen Zink (Atomverhältniß 1 Quecksilber + 14 Zink) besteht, und welches sich in flüssigem Zustande befindet. Auf je 20 Ctr. dieser Legirung setzt man etwa 1 Pfund Kalium oder Natrium (die metallischen Basen der Pottasche oder der Soda) hinzu; Natrium soll besser sein als Kalium. — Sobald die eingetauchten Eisenstücke die Schmelztemperatur der eben genannten Legirung der drei Metalle (Quecksilber, Zink, Kalium oder Natrium) angenommen haben, zieht man sie aus dem Bade heraus und findet sie vollständig mit einer Metallhaut überzogen, deren wesentlichster Bestandtheil Zink ist. Die Verwandtschaft der obigen Legirung gegen die auf die beschriebene Weise vorbereiteten Platten soll so beträchtlich sein, daß man mit Sorgfalt darauf zu achten hat, daß sie nicht zu lange eingetaucht bleiben, damit sie sich nicht theilweise oder ganz auflösen. Dies ist besonders zu berücksichtigen bei Gegenständen, welche an und für sich klein und dünn sind, wie Nägel, Draht oder kleine Ketten; man thut dann gut die Legirung dadurch abzustumpfen, daß man vorher etwas Schmiedeeisen hinzusetzt und dieses auflösen läßt. Der Schmelzpunkt dieser Legirung ist etwa 360 Grad C. und bei dieser Temperatur soll eine Eisenplatte von etwa $^1/_8$ Zoll dick in wenigen Sekunden aufgelöst werden.

Das sogenannte Plattiren von Metallen, sowie das Ueberziehen derselben mittelst eines galvanischen Prozesses, wobei ein Metall aus einer Metallsalzlösung auf ein anderes niedergeschlagen wird, dürften nicht in die Kategorie der Legirungen gehören, da hier meist nur ein mechanisches Anhaften durch Adhäsion der Metallhaut auf der Oberfläche des überzogenen Metalls stattfindet. Eben dahin möchte das sogenannte Weißsieden des Eisens, Messings und Kupfer zu rechnen sein, welches z. B. bei der Fabrikation von Stecknadeln und andern kleinen Gegenständen angewandt wird, und welches darin besteht, daß man die Gegenstände mit Weinsteinauflösung und verdünnter Schwefelsäure blank beizt, sie dann in einem messingnen, oder verzinnten kupfernen Kessel mit Wasser reichlich bedeckt, dem man Weinstein und fein gekörntes Zinn (auf 80 Theile Wasser 1 Theil Weinstein und 3 Theile Zinn) zugesetzt hat, und sie so lange kocht bis sie hinreichend weiß erscheinen. Die beim Kochen sich lösende Weinsteinsäure löst das Zinn auf, es bildet sich ein weinsteinsaures Zinnsalz und

das Zinn schlägt sich aus demselben, ähnlich wie beim galvanischen Prozeß, auf der Oberfläche der eingetauchten Gegenstände nieder.

Eine sehr schätzenswerthe Zusammenstellung von verschiedenen Methoden, um metallische Gegenstände zu verzinnen, verzinken, verbleien, verkupfern, mit Messing zu überziehen, zu vergolden, versilbern, verplatinen u. s. w. findet sich in dem Handbuch der mechanischen Technologie von „Karl Karmarsch" I. Bd. S. 450 u. f. (der 2ten Auflage).

§. 53.

Legirungen des Kupfers mit andern Metallen, namentlich mit Zink, Zinn und Blei.

Die Legirungen des Kupfers finden eine ganz besonders ausgedehnte Anwendung. Wir verstehen hier unter Legirungen des Kupfers solche Legirungen, in denen entweder Kupfer den Hauptbestandtheil ausmacht, oder welche doch in ihren Eigenschaften wesentlich durch den Kupfergehalt bedingt werden.

Kupfer wird mit Gold und Silber legirt, um letztere Metalle für den Gebrauch, die Bearbeitung und den Handelsverkehr mehr geeignet zu machen. Kupfer mit Zink und Nickel legirt, giebt das Neusilber.

Kupfer mit $^1/_{10}$ seines Gewichts Arsenik legirt, giebt eine Legirung, die dem Silber ganz außerordentlich ähnlich ist.

Kupfer mit Zink legirt, in den verschiedensten Verhältnissen, wird mit dem allgemeinen Namen Messing bezeichnet; im Besondern versteht man unter Messing diejenige Legirung von Kupfer und Zink, welche von gelber Farbe ist und etwa halb so viel Zink als Kupfer enthält.

Kupfer mit etwa $^1/_9$ seines Gewichts Zinn legirt, giebt die sogenannte ächte Bronze, auch Geschütz-Metall, Kanonengut genannt. Andere Legirungen von Kupfer und Zinn werden unter mancherlei Namen, die meist von ihrer Bestimmung hergenommen sind, gebraucht, z. B. Lagerbronze, Statüen- und Medaillenbronze, Glockengut, Spiegelmetall; ist der Gehalt an Kupfer gegen das Zinn sehr geringfügig, so bildet sich eine der als Pewter bezeichneten Legirungen.

Kupfer mit etwa der Hälfte seines Gewichts mit Blei legirt, giebt eine der Bronze ähnlich aussehende, aber in Güte, sowie im Preise ihr nachstehende Legirung, das Pot-Metall, Hahn-Metall (pot- or cog-metal), welches zu größern Gefäßen, zu Gemäßen für Flüssigkeiten, zu Hähnen, Faßzapfen u. s. w. gebraucht wird. Diese Legirung ist viel weicher als Bronze.

Gewöhnlich wird das Kupfer nur mit je einem der drei zuletzt genannten Metalle, Zink, Zinn, Blei legirt; zuweilen auch mit je zweien, und seltener mit allen dreien in sehr verschiedenen Verhältnissen. In manchen Fällen werden die zur Legirung bestimmten, mehr oder weniger reinen Metalle sorgfältig gewogen, um dadurch das Verhältniß der Legirung genau zu bestimmen; aber sehr häufig treten ziemlich unbestimmte Legirungen dadurch hervor, daß man in die Schmelztiegel Stücke alter Legirungen von verschiedenen, häufig vorher

nicht genau bestimmten Mischungsverhältnissen einsetzt, und so lange neues Metall der einen oder der andern Art hinzufügt, bis die Legirung nach Farbe und Härte den Anforderungen entspricht. Der Grund zu diesem Verfahren liegt nicht allein in der Oekonomie, sondern auch in dem Umstande, den wir bereits in §. 52 berührten, daß durch das wiederholte Umschmelzen einer Legirung dieselbe gleichförmiger und besser wird, als wenn man neue Metalle zum ersten Male zusammenschmelzt.

Wir lassen hier die wichtigsten Legirungen des Kupfers mit Zink, Zinn und Blei folgen, indem wir zuerst die gewöhnlichen Legirungs-Verhältnisse voranschicken, und sodann einige Analysen von Legirungen, wie sie sich durch Zusammenschmelzen alter Legirungen nach dem eben angedeuteten Verfahren herausgestellt haben, zusammenstellen.

A. Legirungen von Kupfer und Zink.

$$1)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{0{,}8 \text{ bis } 3{,}2}\right\} \text{ oder } \left\{\frac{125}{1} \text{ bis } \frac{31}{1}\right\}.$$

Gewöhnlich macht man die aus Kupfer zu gießenden Gegenstände nicht aus reinem Kupfer, weil sich dasselbe nicht gut auszugießen pflegt (siehe §. 46. S. 284), man setzt daher zum Kupfer, wenn es in Formen gegossen werden soll, noch ein klein wenig Zink zu, etwa in der Weise, daß man auf jedes Pfund Kupfer $^1/_4$ Pfund Messing zusetzt, zuweilen giebt man auch nur auf zwei oder je drei Pfund Kupfer $^1/_4$ Pfund Messing, wodurch sich die obige Legirung bildet.

$$2)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{6{,}25 \text{ bis } 7{,}8}\right\} \text{ oder } \left\{\frac{16}{1} \text{ bis } \frac{13}{1}\right\}.$$

Kupferlegirung, welche gewöhnlich zum Vergolden oder Versilbern von den Goldarbeitern gebraucht wird; man stellt sie dar, indem man 4 Theile Kupfer mit einem Theil Galmei-Messing zusammenschmelzt, oder auch durch Zusammenschmelzen von 8 Theilen Kupfer mit 3 Theilen gewöhnlichem Messing. Diese Legirung läßt sich leicht zu dünnen Blechen auswalzen und hat in der Farbe Aehnlichkeit mit der Bronze, welche sich aber nicht zu Blechen auswalzen läßt; man wendet sie daher häufig mit Bronze zusammen an.

$$3)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{18{,}18} \text{ oder } \frac{11}{2}.\right.$$

Rothes Messing oder Tombak von Hegermühl bei Berlin. Man fertigt daraus Tafeln, die man zu Blech walzt; auch macht man aus solcher Legirung das unächte Blattgold, Goldschaum.

$$4)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{18{,}75 \text{ bis } 25 \text{ bis } 28} = \left\{\frac{16}{3} \text{ bis } \frac{4}{1} \text{ bis } \frac{32}{9}\right\}.\right.$$

Diese Legirungen geben das sogenannte Bathmetall, Mannheimer-Gold, Pinchbeck u. s. w. Legirungen, die unter verschiedenen Namen vorkommen, dem sehr stark mit Kupfer legirten Golde ähnlich aussehen, und meist noch mancherlei Metalle als Nebenbestandtheile enthalten, z. B. Zinn, Blei, Eisen. Man macht daraus Knöpfe und unächte Schmucksachen. Durch einen Eisengehalt wird die Legirung spröde.

$$5) \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{37{,}5} = \frac{8}{3}\right. .$$

Messing, welches sich leicht löthen läßt; Prinz-Metall, Chrisorin.

$$6) \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{43{,}63 \text{ bis } 49{,}94} = \left\{\frac{55}{24} \text{ bis } \frac{66}{29}\right\}\right. .$$

Gewöhnliches Messing von Neustadt-Eberswalde. Es wird bereitet, indem man in Schmelztiegel von feuerfestem Thon 41 Pfund Abfall (Messing, Blechabschnitzel, schadhafte Kessel und sonstigen Abgang, altes Bruchmessing, ferner die aus dem Messingabschaum durch Pochen und Waschen ausgesonderten Messingkörner, — Feilspähne sind wegen des oft beigemischten Zinnlothes zu unrein, und machen wegen des Bleigehaltes das Messing spröde) und 55 Pfund Garkupfer mit 24 Pfund Zink zusammenschmelzt.

Statt dessen nimmt man auch 25 Pfund Abfälle, 66 Pfund Kupfer und 29 Pfund Zink. Diese Beschickung von 120 Pfund wird in vier Tiegeln vertheilt in einem unter der Hüttensohle befindlichen Windofen mit Steinkohlen geschmolzen; der Abgang beträgt $2\frac{1}{2}$ bis 4 Pfund vom Gewicht der Beschickung, oder 2 bis $3\frac{1}{2}$ Procent, so daß die Gußplatte 116 bis $117\frac{1}{2}$ Pfund wiegt.

$$7) \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{50} = \frac{2}{1}\right. .$$

Gewöhnliches Messing, welches sich gut gießen läßt (Gußmessing), aber schwieriger zu löthen ist, und sich, wie alle Sorten, die mehr als 45 Procent Zinkgehalt haben, schon schwerer auswalzen, ziehen und unter dem Hammer strecken läßt.

$$8) \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{56{,}25 \text{ bis } 66\frac{2}{3}} = \left\{\frac{16}{9} \text{ bis } \frac{3}{2}\right\}\right. .$$

Diese Legirungen sind in England unter der Bezeichnung Muntz-Metall (von dem Erfinder Muntz so genannt) bekannt und werden zu Schiffsbolzen und Schiffsbeschlägen angewandt. „Jedes Verhältniß", sagt der Erfinder, „zwischen 50 Kupfer auf 50 Zink $\left(\frac{100}{100}\right)$ und 63 Kupfer auf 37 Zink $\left(\frac{100}{61\frac{2}{3}}\right)$ läßt sich bei Rothglühhitze walzen und unter dem Hammer bearbeiten, aber das Verhältniß 60 Kupfer auf 40 Zink $\left(\frac{100}{66\frac{2}{3}}\right)$ ist das vorzüglichste". Dies wurde durch Versuche, welche man anstellte, um diese Mischung nachzuahmen, bestätigt; es zeigte sich dabei am besten eine Zusammensetzung von 33 Kupfer und 25 Zink (zusammen 58 Pfund), welche nach dem Einschmelzen 55 Pfund wog, also, nachdem 3 Pfund Zink abgebrannt waren, das Verhältniß 33 Kupfer zu 22 Zink $= 100 : 66\frac{2}{3}$ besaß; nicht so gut, aber noch sehr gut schmiedbar, fand man die Legirung 33 Pfund Kupfer und 20 Pfund Zink, welche nach dem Schmelzen von dem Gesammt-Gewicht 53 Pfund nur noch 52 Pfund wog, folglich das Verhältniß 33 Kupfer zu 19 Zink $= 100 : 57{,}6$ besaß.

Das Muntz-Metall wird in Formen gegossen, bis zur Rothglühhitze erwärmt, und demnächst zu Stäben, Platten u. s. w. ausgewalzt.

$$9)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{62{,}5} = \frac{8}{5}.\right.$$

Diese Legirung hat eine fast ganz weiße Farbe, sie wird in Birmingham unter dem Namen Platina zu Knöpfen u. dgl. verarbeitet.

$$10)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{75} = \frac{4}{3}.\right.$$

Zinkloth, um Kupfer und Eisen zu löthen, wird öfter in diesem Verhältniß dargestellt. Um Messing zu löthen, bedient man sich meist der Legirung Nr. 12. Auch das blaßgelbe Messing, aus welchem man Gegenstände macht, die in Säuren getaucht werden sollen, macht man zuweilen nach diesem Verhältniß.

$$11)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{80} = \frac{5}{4}.\right.$$

Messing von Bristol von blaßgelber Farbe.

$$12)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{100} = \frac{1}{1}.\right.$$

Diese Legirung ist eines der äußersten Verhältnisse des Muntz-Metalls (s. Nr. 8). Man braucht sie ferner als ein sehr geeignetes Loth, um Gegenstände von Messing zusammenzulöthen. Ungefähr 14 Pfund Kupfer und eben so viel Zink werden zusammengeschmolzen und in eine Form gegossen, welche durch Scheidewände in Abtheilungen getheilt ist, hierdurch wird die Masse in kleine Tafeln von ungefähr je 2 Pfund eingetheilt; ein gewisser Theil des Zinks verbrennt bei dem Schmelzprozeß. Die Tafeln werden bis zum Rothglühen über einem Kohlenfeuer erhitzt und dann auf einmal zerbrochen, entweder mittelst Hammerschläge auf einem Ambos, oder indem man sie in einem Mörser mit einer Keule zerstößt. Der richtige Hitzegrad ist dabei genau einzuhalten; denn wenn man das Loth zu warm macht, so zerbricht dasselbe in grobe und zähe Stücke, welche dunkel anlaufen; wenn dagegen die Temperatur richtig getroffen ist, so zertrümmert es in ziemlich kleine Körnchen, und behält eine helle gelbe Farbe, man schüttet diese Körnchen dann durch ein Sieb, um sie nach der Größe zu sortiren, und erhält so das Körnerloth. Freilich ist durch den Zinkverlust beim Abbrennen der Zinkgehalt etwas geringer, als der des Kupfers.

$$13)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{104 \text{ bis } 116} = \left\{\frac{25}{26} \text{ bis } \frac{25}{22}\right\}.\right.$$

Diese von Hamilton und Parker unter den Namen „mosaisches Gold" dargestellte Legirung ist nach dem ersten Ausgießen dunkel gefärbt, nimmt aber, nachdem man sie befeuchtet und abgewischt hat, eine schöne Goldfarbe an. Wenn die Masse abgekühlt und zerbrochen wird, sagen die Erfinder, so verschwindet die gelbe Farbe ganz und geht in einen röthlich rehfarbenen oder in einen lachsfarbenen Ton über, welcher bis zum blaß purpurrothen oder lila variirt.

$$14)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}.\right.$$

Eine Legirung von bläulich weißer Farbe, sehr stark glänzend, aber so krystallinisch, daß sie sich kalt in einem Mörser zu Pulver stoßen läßt.

15) $\left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{800} = \frac{1}{8}.\right.$

Die Legirung ist außerordentlich hart und sehr krystallinisch, aber weniger spröde als reines Zink; man braucht sie um daraus Scheiben zum Schleifen und Poliren zu machen.

Allgemeine Bemerkung über die Legirungen von Kupfer und Zink.

Kupfer und Zink scheinen sich in allen Verhältnissen mit einander zu verbinden.

Die Vermehrung des Zinkgehaltes steigert die Schmelzbarkeit und Leichtflüssigkeit der Legirung, da aber das Zink beim Schmelzprozeß außerordentlich flüchtig ist, so läßt sich der Zinkgehalt wegen des Abbrandes selten genau vorher bestimmen.

Die rothe Kupferfarbe geht in die gelbe Messingfarbe über bei 4 oder 5 Theilen Zink auf 16 Theile Kupfer $\left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{25 \text{ bis } 31}\right\}$ und bleibt ziemlich ungeändert bis zu einem Verhältniß von 8 bis 10 Theilen Zink auf 18 Theile Kupfer $\left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{50 \text{ bis } 63}\right\}$.

Ueber dieses Verhältniß hinaus bewirkt ein weiterer Zusatz von Zink eine immer weißer werdende Farbe, welche bei einem Verhältniß von 2 Zink auf 1 Kupfer in die glänzende, ein wenig in's Bläuliche spielende Silberfarbe des Spiegelmetalls übergeht.

Die Streckbarkeit und Ziehbarkeit der Kupfer-Zink-Legirungen bleibt bis zu einem Verhältniß von 8 bis 10 Theilen Zink auf 16 Theilen Kupfer $\left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{50 \text{ bis } 63}\right\}$ ziemlich gut bestehen; bei einem Zinkzusatz über dies Verhältniß hinaus, beginnt schon der krystallinische Charakter des Zinkes vorzuwalten. Die oben erwähnte Legirung von 2 Zink auf 1 Kupfer läßt sich schon in einem Mörser kalt zerstoßen.

Das gewöhnliche Verhältniß in gutem Messing, welches sich gut feilen und drehen läßt, ist etwa 4½ bis 9 Theile Zink auf 16 Theile Kupfer $\left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zink}} = \frac{100}{28 \text{ bis } 56}\right\}$, bei größerem Zinkgehalt wird die Legirung härter und mehr krystallinisch, bei geringerem Zinkgehalt zäher, und hängt sich leicht an die Feile an, wie das Kupfer. Dies Verhältniß hat übrigens ziemlich weite Grenzen, innerhalb welcher geringe Abweichungen keinen merklichen Unterschied machen.

Die Legirung von Kupfer und Zink im Verhältniß von 1 bis 2 Theilen Zink auf 2 Theile Kupfer, wird in mannigfachen Abstufungen zum Gießen und zum Ueberziehen vielfacher Geräthschaften gebraucht. In allen Fällen wird das Metall ausgeglüht, bevor man es scheuert und reinigt, um es mit Säuren zu ätzen, zu bronziren oder zu lackiren.

Analysen von Kupfer- und Zink-Legirungen.

Da die zu den Legirungen verwendeten Metalle niemals chemisch rein sind, so müssen die Analysen der Legirungen in der Regel noch einen Gehalt an andern Metallen nachweisen, welcher, wenn er nicht beträchtlich ist, in vielen Fällen keinen erheblichen Einfluß äußert; wenigstens nicht bei Messinggußwaaren. Wenn das Messing gewalzt oder zu Draht gezogen werden soll, so schadet ein Zusatz von Zinn, weshalb man sich hütet, alte Messingwaaren, an denen sich Zinnloth befindet, für diesen Zweck einzuschmelzen. Hier folgen einige Analysen von Kupfer-Zink-Legirungen.

1) Messing zum Drehen geeignet (nach Dumas).

Kupfer	61,6	65,8	64,8	64,6
Zink	35,3	31,8	32,8	33,7
Blei	2,9	2,2	2,0	1,5
Zinn	0,2	0,2	0,4	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

2) Messing zum Vergolden (nach d'Arcet).

	I	II	III	IV
Kupfer	63,70	64,45	70,90	72,43
Zink	33,55	32,44	24,05	22,75
Zinn	2,50	0,25	2,00	1,87
Blei	0,25	2,86	3,05	2,95
	100,00	100,00	100,00	100,00

Das spezifische Gewicht der Legirung I betrug 8,395, dasjenige der Legirung II 8,215, ferner der Legirung III 8,392 und endlich der Legirung IV 8,275.

3) Messingdraht (nach Berthier).

Kupfer	65,49
Zink	33,70
Blei und Zinn	0,81
	100,00

4) Messingdraht

	aus England.	von Augsburg.	Hegermühl bei Berlin.
Kupfer	70,29	71,89	70,16
Zink	29,26	27,63	27,45
Blei	0,28	—	0,20
Zinn	0,17	0,85	0,79
	100,00	100,37	98,60

5) Hämmerbares Messing (nach Dumas).

Kupfer	70,1
Zink	29,9
	100,0

6) Messingblech

	von Stolberg,	von Jemappes,	von Romilly.
Kupfer	64,8	64,6	70,1
Zink	32,8	33,7	29,9
Blei	2,0	1,4	—
Zinn	0,4	0,2	—
	100,0	99,9	100

7) Messing zu Waffenbeschlägen [Tombak] (nach Dussaussoy).

Kupfer	80
Zink	17
Zinn	3
	100

8) Statüenmessing (unechte Bronze, nach d'Arcet).

	I	II	III
Kupfer	91,40	82,45	89,62
Zink	5,53	10,30	4,20
Zinn	1,70	4,10	5,70
Blei	1,37	3,15	0,48
	100,00	100,00	100,00

Nr. I ist von der Statüe Ludwig XV., gegossen von Gebrüder Keller; Nr. II von der Reiterstatüe Ludwig XV., von Gor gegossen; Nr. III von der Statüe Heinrich IV. Das spezifische Gewicht der Legirung Nr. I ist im Mittel 8,482.

9) Grobes Gußmessing [Potin] (nach Berthier).

Kupfer	71,9
Zink	24,9
Blei	2,0
Zinn	1,2
	100,00

10) Tombak zu Schmucksachen. (Chrysocale nach Dumas.)

Kupfer	90,40
Zink	7,95
Blei	1,65
Zinn	—
	100,00

11) Tombak zu vergoldeten Waaren.

Kupfer	78	82	82,3
Zink	18	18	17,5
Blei	2	3	—
Zinn	2	1	0,2
	100,00	104	100

12) Rothes Tombak

	aus Paris.	aus Wien.
Kupfer	92	97,8
Zink	8	2,2
	100	100,0

13) Hannöversches Tombak

	von der Ockerhütte bei Goslar.	aus Hannover.
Kupfer	85	86
Zink	15	14
	100	100

14) Gelbliches Tombak aus Paris zu vergoldeten Schmuckwaaren.

Kupfer	85,3
Zink	14,7
	100,0

Die im Handel vorkommenden Kupfer-Zink-Legirungen werden vorzugsweise als Messing oder als Tombak bezeichnet, je nachdem sie mehr oder weniger Zink enthalten.

Das Messing wird entweder aus Galmei oder auch aus Zinkblende und aus zinkhaltigem Ofenbruch und Kupfer bereitet, oder durch Zusammenschmelzen von metallischem Zink und Kupfer. — Das erstgenannte Verfahren ist älter, wird aber jetzt seltener angewandt, da die Darstellung aus metallischem Zink ein besseres und sicheres Resultat giebt. Es kommt sodann als Messingblech, als Messingdraht oder auch in mancherlei rohen Formen gegossen, getrieben, gewalzt u. s. w. in den Handel.

B. Legirungen des Kupfers mit Zinn.

I. Bronze der Alten.

$$1)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{5} = \frac{20}{1}.\right.$$

Alte Bronze-Nägel, welche biegsam und zähe sind, nach Analysen von Ure.

$$2)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{11{,}11} = \frac{9}{1}.\right.$$

Weiche antike Bronze nach Plinius.

$$3)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{12\frac{1}{2}} = \frac{8}{1}.\right.$$

Mittelweiche Bronze der Alten.

$$4)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{14\frac{2}{7}} = \frac{7}{1}.\right.$$

Harte Bronze der Alten.

$$5)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{37{,}5 \text{ bis } 50} = \left\{\frac{8}{3} \text{ bis } \frac{2}{1}\right\}.\right.$$

Altes Spiegelmetall.

Nach Untersuchungen von Ure bestehen die alten Schilder, Werkzeuge u. s. w. aus einer Kupfer- und Zinn-Legirung von 8 bis 15 Procent Zinngehalt, die Medaillen haben 8 bis 12 Procent Zinngehalt, mit einem Zusatz von etwa 2 Theilen Zink, um die Farbe zu verbessern.

II. Neuere Kupfer- und Zinn-Legirungen.

$$6)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{6\,^1/_4} = \frac{16}{1}.\right.$$

Weiches Kanonengut, welches beim Ausbohren sich ziehen und strecken läßt.

$$7)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{8\,^1/_3} = \frac{12}{1}.\right.$$

Eine etwas härtere Legirung als die vorige, welche man zu mancherlei mathematischen Instrumenten verwendet.

$$8)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{9\,^3/_8} = \frac{32}{3}.\right.$$

Noch härter als Nr. 6 und 7, findet Anwendung zu Rädchen, in welche man auf den Maschinen Zähne einschneiden will.

$$9)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{8 \text{ bis } 12} = \left\{\frac{25}{2 \text{ bis } 3}\right\}.\right.$$

Das gewöhnliche Kanonengut, welches zähe genug ist, um den Einflüssen beim Schießen zu widerstehen und welches sich noch gut bearbeiten läßt.

Das Verhältniß $\frac{100}{12}$ ist schon ein ziemlich weit gegriffenes; das beste Geschütz-Metall enthält nur $\frac{100}{8}$ bis $\frac{100}{11}$ oder 91 Kupfer auf 9 Theile Zinn bis 90 Kupfer auf 10 Theile Zinn.

$$10)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{12\,^1/_2} = \frac{8}{1}.\right.$$

Bronze zu Maschinentheilen, welche schon ziemlich hart ist.

$$11)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{16\,^2/_3} = \frac{6}{1}.\right.$$

Sehr harte Zapfenlager. Nach den Versuchen von Muschenbroeck scheint es, als ob dieses Verhältniß die zäheste Bronze-Legirung liefere; sie ist indessen für den gewöhnlichen Gebrauch zu brüchig.

$$12)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{18\,^3/_4} = \frac{16}{3}.\right.$$

Weiches Glockenmetall.

$$13)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{20} = \frac{5}{1}.\right.$$

Chinesisches Glockenmetall; Metall zu Gong-Gongs und Cymbeln,

ausgezeichnet durch den vorzüglich lauten Klang und durch entsprechende Härte und Festigkeit.

$$14)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{25} = \frac{4}{1} = \frac{80}{20} \text{ bis } \frac{78}{22}.\right.$$

Glockengut, Glockenspeise für Hausglocken und kleinere Thurmglocken.

$$15)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{28} = \frac{32}{9}.\right.$$

Glockengut für größere Glocken.

$$16)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{31} = \frac{16}{5}.\right.$$

Glockengut für die größten Glocken.

$$17)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{45 \text{ bis } 51\frac{1}{2}} = \frac{67}{33} \text{ bis } \frac{64}{32}.\right.$$

Spiegelmetall. Zuweilen setzt man auf 100 Theile dieser Legirung noch 6 bis 7 Theile Messing zu, um eine sehr geringe Quantität Zink in die Legirung zu bringen, auch pflegt man einen geringen Zusatz an Silber oder an Arsenik (4 %) zu machen. Ein starker Arsenikgehalt bewirkt, daß die Spiegel leicht anlaufen. Diese Legirung wurde schon von Newton zu den ersten Spiegelteleskopen angewendet, und verdient den Vorzug vor fast allen andern Materialien zur Darstellung von Spiegeln. Als bestes Verhältniß wird ein chemisches Mischungs-Verhältniß von 4 Atom Kupfer zu 1 Atom Zinn, oder dem Gewicht nach $\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{126,4}{58,9}$ angegeben*). Die Hauptsache bei Herstellung von Spiegeln aus diesem Metall scheint die vollständige Sättigung des Kupfers mit Zinn zu sein, und die Verhältnißzahlen ändern sich daher hier, wie auch bei allen andern Legirungen, nach dem Grade der Reinheit der zu verwendenden Metalle. Zu den besten Spiegeln wird schwedisches Kupfer und gekörntes Zinn angewandt.

Wenn die Legirung vollkommen ist, so muß sie weiß, glasartig und blätterig sein. Wenn zu viel Kupfer darin ist, so theilt dasselbe der Legirung einen schwer zu beseitigenden Stich in's Röthliche mit; ist dagegen Zinn im Ueberschuß, so ist die Legirung von körnigem Bruch und weniger weiß. Um sie möglichst vollkommen herzustellen, wird das geschmolzene Zinn in das flüssige Kupfer geschüttet und zwar bei der geringsten Temperatur, welche die Metalle ohne zu erstarren annehmen können, hierauf gießt man die Legirung in eine Form und verbessert die Vereinigung der beiden Metalle durch wiederholtes Umschmelzen, wobei man das Metall stets sehr langsam erwärmt und zum Schmelzen bringt.

$$18)\ \left\{\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}.\right.$$

Diese Legirung dient zum Löthen von neusilbernen Gegenständen, und von solchen aus Pewter, Britannia-Metall u. s. w., indem man sie in kleinen

---

*) Trans. Royal. Soc. 1840, p. 504.

Quantitäten dem reinen Zinn zusetzt, so daß der Kupfergehalt oft weniger als 1 Procent beträgt.

Das feinste Pewter wird hergestellt, indem man Kupfer mit dem doppelten Gewicht an Zinn zusammenschmelzt und $\frac{1}{2}$ bis 7 Theile dieser Legirung jedem Block Zinn, welcher etwa 360 bis 390 Pfund wiegt, zusetzt.

Allgemeine Bemerkungen über die Legirungen von Kupfer und Zinn.

Diese beiden Metalle scheinen sich in allen Verhältnissen zu legiren. Der Zusatz an Zinn steigert die Schmelzbarkeit der Legirungen, obgleich, wenn man das Zinn in kaltem Zustande dem geschmolzenen Kupfer zusetzt, letzteres dickflüssig und teigig wird, auch wohl in einem festen Stück auf den Boden des Schmelztiegels sich ablagert. Der Schmelzpunkt von

$\frac{\text{Kupfer}}{\text{Zinn}} =$	$\frac{15}{1} = \frac{100}{6^{2}/_{5}}$	$\frac{7}{1} = \frac{100}{14^{2}/_{7}}$	$\frac{3}{1} = \frac{100}{33^{1}/_{3}}$
ist nach Graden C.	955	835	786

Wenn eine Kupfer-Zinn-Legirung, welche weniger als 66 Theile Zinn auf 100 Theile Kupfer enthält, geschmolzen wird, und dann langsam erkaltet, so bleibt die Masse nicht homogen, vielmehr zerlegt sie sich häufig in verschiedene chemische Kupfer-Zinn-Verbindungen (vergl. §. 51), von denen die eine reicher an Kupfer ist, als die andere. Diese letzte, welche sich z. B. bei der langsamen Abkühlung von Kanonengut (100 Kupfer, 10 Zinn) ausscheidet, enthält nach Versuchen von Meyer: 76,31 Kupfer auf 23,69 Zinn, und nach Dussaussoy 81 Kupfer auf 19 Zinn bis 79 Kupfer auf 21 Zinn.

Die Farbe der Legirungen ist in verschiedenen Abstufungen orange oder gelb, wenn die Legirung etwa 6 Theile Kupfer auf 1 Theil Zinn enthält; sie geht schon in's Graue über bei den Legirungen, welche oben als Glockengut bezeichnet sind, und welche als äußerste Grenze etwa 3 Kupfer auf 1 Zinn enthalten, und wird in Spiegelmetall (etwa 2 Kupfer auf 1 Zinn) ganz weiß; bei weiter vermindertem Zinngehalt wird die Farbe bläulich weiß.

Die Kupfer-Zinn-Legirungen von sehr geringem Zinngehalt sind noch streckbar, allein bei einem Gehalt von 1 Zinn auf 8 Kupfer ($12\frac{1}{2}$ Zinn auf 100 Kupfer) hört die Streckbarkeit fast schon ganz auf; von hier ab wird die Legirung bei vermehrtem Zinngehalt hart, spröde und sehr klangvoll (Nr. 11 bis 16), und wenn sie endlich aufhört zur Erzeugung des Schalles zu dienen, so eignet sie sich als Spiegelmetall vorzüglich zur Zurückwerfung des Lichtes.

Die Härte der Kupfer-Zinn-Legirungen nimmt Anfangs mit der Abnahme des Kupfergehaltes zu. Legirungen bis zu $9\frac{1}{2}$ Zinn auf 100 Kupfer (Nr. 6 bis 8) lassen sich noch gut schneiden und bohren, aber schon bei $16\frac{2}{3}$ Zinn auf 100 Kupfer erreicht die Legirung den höchsten Grad von Härte, ohne dabei krystallinisch zu sein; sie kreischt unter der Feile und läßt sich eigentlich nicht mehr in Feilspähne verwandeln, sondern bröckelt in kleinen Stückchen ab. Dieser Zustand dauert bis der Zinngehalt gegen den Kupfergehalt überwiegend wird, dann nimmt die Härte und die Sprödigkeit ab, die Legirungen werden wieder um so

biegsamer, weicher, streckbarer und ziehbarer, je weniger Kupfer sie enthalten. Aber selbst diejenigen Legirungen, welche sehr hart und sehr wenig streckbar sind, lassen sich durch das sogenannte Tempern (Anlassen oder Adouciren der Bronze) etwas hämmerbar machen. Man erwärmt sie nämlich bis zur Rothglühhitze, (bei dünnen Stücken weniger) und kühlt sie plötzlich in kaltem Wasser ab. Hierdurch werden die Gegenstände streckbar; durch Erwärmen und langsame Abkühlung dagegen nehmen sie ihre ursprüngliche Härte und Starrheit wieder an.

Die Bronze verhält sich also in dieser Beziehung entgegengesetzt wie der Stahl.

Das spezifische Gewicht der Kupfer-Zinn-Legirungen beträgt nach Angaben von Karmarsch:*)

1	Zinn,	1	Kupfer	spezifisches	Gewicht	= 8,79
1	"	3	"	"	"	= 8,83
1	"	4	"	"	"	= 8,95
1	"	6 1/4	"	"	"	= 8,87
1	"	7 1/3	"	"	"	= 9,20
1	"	8 1/3	"	"	"	= 8,80
1	"	10	"	"	"	= 8,76
1	"	12 1/2	"	"	"	= 8,76
1	"	16 2/3	"	"	"	= 8,78

Analysen von Kupfer-Zinn-Legirungen.

Aus den schon bei den Kupfer-Zink-Legirungen angeführten Gründen läßt sich das Verhältniß zwischen Kupfer und Zinn bei gewöhnlicher Darstellung der Bronzen nur sehr schwer genau bestimmen, theils weil es sich durch Abbrand ändert, theils weil die verwendeten Metalle nicht chemisch rein sind. Oft setzt man auch absichtlich kleine Quantitäten anderer Metalle, namentlich Zink, Blei, Eisen, Antimon u. s. w. hinzu, um bestimmte Zwecke zu erreichen.

1) Antike Bronze.

	I	II	III	IV	V
Kupfer	88	92	79	80,3	90,5
Zinn	12	7	10	19,7	9,5
Blei	—	1	1	—	—
	100	100	100	100	100

Nr. I und II von antiken Waffen, Nr. III, IV und V von antiken Geräthen und Statüen.

2) Medaillen-Bronze.

Kupfer	92	58 bis 85	95	91
Zinn	8	8 bis 12	5	9
Zink	—	2 bis 3	—	—
Blei	—	— 2	—	—
	100		100	100

*) Mech. Tech. I. S. 53.

3) Kanonengut.

Kupfer	91	90
Zinn	9	10
	100	100

4) Bronze zu mathematischen Instrumenten zu Waagen ꝛc.

	I	II
Kupfer	89,5	68
Zinn	8,5	4
Zink	2,0	2
Blei	—	1
	100,0	75

Nr. I zu Reißzeugen, Gewichtsstücken, Waagebalken, an Farbe dem 8karätigen Golde ähnlich, an der Luft weniger als Messing anlaufend, wird erhalten, wenn man 48 Kupfer, 5 Zinn und 4 Messing legirt. Nr. II Legirung für Gegenstände, welche der Flamme ausgesetzt sind, wie Blasrohr-Apparate u. s. w.

5) Bronze zu Maschinentheilen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Kupfer	80	82	83	90	88,89	86	85,25	83,6	79	74,5	66,67	78	5,5	88	80
Zinn	18	16	15	4	11,11	14	12,75	8,8	8	9,5	14,58	20	14,5	12	20
Zink	2	2	1,5	6	—	—	2,00	7,6	5	9,0	—	2	80,0	—	—
Blei	—	—	0,5	—	—	—	—	—	8	7,0	18,75	—	—	—	—
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nr. I zu Treibradlagern für Locomotiven, fast weiß, dichtkörnig, sehr hart, doch ohne Schwierigkeit zu bearbeiten. Der Zinkzusatz soll die Festigkeit vermehren, indem er dem Bersten des Lagers vorbeugt.

Nr. II Lagerfutter für Lenkerstangen, Farbe wenig röthlich; der Bruch zeigt ein dichtes Korn, große Festigkeit, geschmeidiger als Nr. I.

Nr. III zu Lagern, welche Stöße auszuhalten, und sehr starke Reibungen zu ertragen haben.

Nr. IV bis XII verschiedene Compositionen, zu Lagern für Wagenachsen und für Zapfenlager, für Triebwellen von Maschinen. Nr. XIII ist eine von Fenton angegebene Legirung, sie läßt sich in eisernen Kesseln schmelzen, und ist leicht zu bearbeiten.

Nr. XV dient zu den Lagerbüchsen für Diligencen.

	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII
Kupfer	88	80	84	88,5	91,4	88,7	86,3
Zinn	10	12	14	2,5	8,6	8,3	11,4
Zink	2	2	2	9,0	—	3,0	2,3
Blei	—	—	—	—	—	—	—
	100	94	100	100	100	100	100,0

Nr. XVI und XVII zu Pumpencylindern, Ventilgehäusen und zu Hähnen, der Bruch Nr. XVI ist blaßroth, die Legirung läßt sich sehr gut feilen und poliren.

Nr. XVIII eine Legirung für die Ringe der Excentriks. Nr. XIX zu Locomo-

tivkolben. Nr. XX und XXI zu Rädern mit eingeschnittenen Zähnen. Nr. XXII zu Schrauben mit groben Gewinden und zu Zapfenlagern.

	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX	XXXI	XXXII	XXXIII
Kupfer	100	3	8	80	80	81	87	22,2	13,3	5,5	2
Zinn	10	1	1	16	18	17	12	33,3	73,3	83,3	80
Zink	13	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Blei	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Antimon	—	—	—	2	2	2	1	44,4	13,3	11,1	18
	123	6	9	99	100	100	100	100	100	100	100

Nr. XXIII Legirung zu den Abstreichmessern (Rakeln) bei Walzendruckmaschinen; Nr. XXIV und XXV zu gegossenen Schaufeln, anstatt der eisernen; Nr. XXV ist härter und dichter als Nr. XXIV. Nr. XXVI Bronze-Legirung mit Antimon zu Achslagern, Kolbenringen und Schiebern bei Locomotiven. Nr. XXVII und XXVIII Legirungen für Dampfpfeifen; Nr. XXVII giebt einen etwas helleren Ton als XXVIII, beide sind zwar hart, aber gut zu drehen und zu feilen. Nr. XXIX zu den Ventilkugeln und zu andern Theilen, an welchen Löthungen mit Schlagloth vorkommen; von rothem feinkörnigem Bruch und sehr geschmeidig.

Nr. XXX bis XXXIII Bronze-Legirungen mit Antimon zu Lagerfuttern und Kolbenringen.

6) Bronze zu Statüen.

Kupfer	86	84,4	84	84	83	83	82,5	81,0	78,1	75	73,0	91,22	91,30	91,68
Zink	10	11,3	11	14	14	13	10,3	15,4	18,5	20	18,2	1,78	1,00	2,32
Zinn	4	4,3	2	1,5	2	4	4,1	3,6	3,4	3	8,8	5,57	6,09	4,93
Blei	—	—	3	0,5	1	—	3,1	—	—	2	—	1,43	1,61	1,07
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

7) Bronze für Vergolder.

Kupfer	73	72,4	72,8	70	65
Zinn	4	1,9	2,9	3	3
Zink	23	22,8	24,3	27	32
Blei	—	2,9	—	—	—
	100	100	100	100	100

Diese Bronze ist mehr gelb gefärbt, als die zum Statüenguß bestimmte.

8) Bronze zu Glocken und Schellen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Kupfer	78	80	80	81,25	71	75	73	5
Zinn	22	20	10,1	8,12	26	25	27	95
Zink	—	—	5,6	10,63	1,8	—	—	—
Blei	—	—	4,3	—	—	—	—	—
Eisen	—	—	—	—	1,2	—	—	—
	100	100	100	100	100			

Nr. I und II chinesische Gong-Gongs oder Tam-Tams. Nr. III englische Glockenspeise nach Thomson. Nr. IV französische Glockenspeise nach Berthier. Nr. V Glockenspeise mit Eisenzusatz. Nr. VI und VII Legirung für Uhrglocken. Nr. VIII Legirung zu Tischklingeln, welche noch etwa 0,5 Antimonzusatz bekommt, und unter der Benennung Metal d'Alger bekannt ist.

9) Spiegelmetall.

Kupfer	66,67	126,4
Zinn	33,33	58,9
	100	185,3

Man giebt oft noch einen Zinkzusatz oder einen Zusatz von Arsenik (s. oben S. 324).

c. **Legirungen des Kupfers mit Blei.**

$$1)\ \frac{\text{Kupfer}}{\text{Blei}} = \frac{100}{12{,}5} = \frac{8}{1}$$

Die Legirung ist von rother Farbe, und läßt sich ausziehen.

$$2)\ \frac{\text{Kupfer}}{\text{Blei}} = \frac{100}{25} = \frac{4}{1}$$

Diese Legirung ist weniger roth, und auch weniger streckbar als die vorige. Beide werden selten gebraucht, da, wenn man einmal Kupfer und Blei legirt, man so viel Blei als möglich in die Legirung zu bringen sucht.

$$3)\ \frac{\text{Kupfer}}{\text{Blei}} = \frac{100}{37{,}5} = \frac{8}{3}$$

Gewöhnliches Potmetall, sogenanntes trockenes Potmetall; die hier angegebene Menge Blei wird von dem geschmolzenen Kupfer aufgenommen, ohne daß bei der Abkühlung eine Ausscheidung des Bleis erfolgt; die Legirung ist, wenn sie erwärmt wird, brüchig und spröde.

$$4)\ \frac{\text{Kupfer}}{\text{Blei}} = \frac{100}{43^3/_4} = \frac{16}{7}$$

Diese Legirung ist weniger kurz und brüchig als die vorige.

$$5)\ \frac{\text{Kupfer}}{\text{Blei}} = \frac{100}{50} = \frac{2}{1}$$

Schlechteres Potmetall, auch wohl nasses Potmetall genannt, da bei der Abkühlung ein Theil des Bleis sich leicht aussondert, namentlich wenn die Metalle zum ersten Male geschmolzen werden. Man pflegt daher den Schmelztiegel zum Theil mit bereits einmal geschmolzener Legirung zu füllen, und erst nachher das neue Metall zur Ergänzung zuzusetzen.

Diese Legirung ist außerordentlich brüchig, wenn man sie schwach erwärmt. Mehr Blei als die halbe Gewichtsmenge des Kupfers läßt sich kaum mit dem Kupfer legiren, da es bei der Abkühlung sich ausscheidet.

Allgemeine Bemerkungen über die Legirungen von Kupfer und Blei.

Blei und Kupfer legiren sich nur so lange, als der Bleigehalt bei dem Erkalten nicht ausscheidet, das ist, wenn derselbe höchstens die Hälfte von dem Gehalt des Kupfers beträgt.

Die rothe Farbe des Kupfers wird bei einem Gehalt von 1 Blei auf 4 Kupfer schon wesentlich verändert. Bei diesem Legirungs-Verhältniß haben frisch abgedrehte Gegenstände einen bläulichen, dem Blei nahe stehenden Farbenton, der sich aber an der Luft verändert, und nach etwa einer Stunde in die tiefe Bronzefarbe des Kanonengutes übergeht.

Das Gefüge ist, wenn der Bleigehalt nicht mehr beträgt als $^1/_4$ des Kupfergehaltes, einigermaßen streckbar, bei höherem Bleigehalt wird dasselbe aber brüchig und schlecht. Die Legirung ist sehr viel schlechter als Geschützbronze, wird indessen öfter angewandt, weil sie im Aussehen mit derselben Aehnlichkeit hat, dabei aber viel billiger ist, und sich viel leichter durch Feilen und Drehen bearbeiten läßt.

D. Legirungen des Kupfers mit Zink, Zinn und Blei gleichzeitig.

Legirungen des Kupfers mit mehr als Einem der Metalle Zink, Zinn, und Blei kommen sehr häufig vor, und wir haben in der That unter den oben angegebenen Analysen von Legirungen die wenigsten nur aus zwei Metallen allein bestehend gefunden. Entweder kommen im Messing die beiden andern Metalle, Zinn und Blei als nicht beabsichtigte Nebenbestandtheile vor, oder sie sind, meist aber in geringen Mengen absichtlich zugesetzt, theils um die Farbe, theils um die Schmelzbarkeit, theils um das Gefüge u. s. w. in irgend einem Sinne zu ändern. Dasselbe gilt in Bezug auf die Bronze vom Zink und Blei. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Analysen des Messings und der Bronze auf S. 320 und S. 326 und können uns hier einer weitern Zusammenstellung solcher Analysen begeben; nur einige Legirungs-Verhältnisse, die gewissermaßen als normale gelten können, um welche herum die andern mannigfach variiren, wollen wir hier nach einer amerikanischen Angabe*) noch kurz aufführen.

1)	100 Kupfer;	$9^3/_8$ Zinn;	$3^1/_8$ Zink
	32 „	3 „	1 „
	88,89 „	8,33 „	2,78 „

Legirung zu Pumpenstiefeln und solchen Gegenständen, bei denen es auf große Zähigkeit ankommt.

2)	100 Kupfer;	$9^3/_8$ Zinn;	12,5 Messing
	32 „	3 „	8 „
	74,43 „	6,97 „	18,60 „

oder auch

*) Appletons Dictionary of Machines, Mechanics, Engine-Works and Engineering.

3)	100 Kupfer;	11 Zinn;	12,5 Messing
	64 „	7 „	16 „
	73,60 „	8,00 „	18,4 „

Legirung zu Rädern, in welche Zähne eingeschnitten werden sollen. In runden Zahlen, und anstatt des Messings den Kupfer- und Zinkgehalt eingeführt (2 Kupfer, 1 Zink) würde sich ergeben 86 Kupfer; 8 Zinn; 6 Zink.

4)	100 Kupfer;	12,5 Zinn;	$9^3/_8$ Messing
	32 „	4 „	3 „
	82 „	10 „	8 „

Legirung für gedrehte Arbeiten, oder, wenn man anstatt des Messings den Kupfer- und Zink-Gehalt einführt, 87 Kupfer, 10 Zinn, 3 Zink.

5)	100 Kupfer;	14 Zinn;	$9^3/_8$ Messing
	64 „	9 „	6 „
	81 „	11,5 „	7,5 „

Für Schraubenmuttern zu starken Gewinden, und für Lagerschaalen. Auf den Kupfer- und Zinkgehalt gebracht, ergiebt sich: 86 Kupfer, 11,5 Zinn, 2,5 Zink.

Nach den Angaben des Gießers, welcher diese fünf Legirungen benutzt, soll man bei der Herstellung derselben folgendermaßen verfahren: Zuerst wird das Kupfer für sich allein geschmolzen, das Messing wird in einem besondern Schmelztiegel und das Zinn in einer Pfanne geschmolzen; nachdem das Kupfer aus dem Ofen genommen, setzt man das geschmolzene Messing und das Zinn zu, alles wird gehörig zusammengerührt, und nun unmittelbar in die Gußformen gegossen, ohne vorher Barren oder Stäbe zu bilden.

6)	100 Kupfer;	11,7 Zinn;	11,7 Zink
	128 „	15 „	15 „
	81 „	9,5 „	9,5 „

Diese sehr empfohlene Legirung von gelber Farbe, zäh und ähnlich dem Kanonengut, wird hergestellt indem man 10 Pfund Kupfer mit $1^1/_2$ Pfund Zinn und $1^1/_2$ Pfund Zink zusammenschmelzt; durch Abbrand dieser beiden letztgenannten Metalle entsteht das obige Mischungsverhältniß.

Nach dem Schmelzen gießt man die Masse zuerst in Barren und schmelzt sie für den definitiven Gebrauch um; sie vertritt fast überall die echte Bronze.

7)	100 Kupfer;	15,6 Zinn;	3,2 Zink
	32 „	5 „	1 „
	84,2 „	13,2 „	2,6 „

Legirung für Zapfenlager, welche sehr starken Drucken ausgesetzt sind.

8)	100 Kupfer;	15,6 Zinn;	15,6 Zink
	32 „	5 „	5 „
	76,2 „	11,9 „	11,9 „

Eine außerordentlich harte Legirung, fast so hart als Stahl; sie greift neue Feilen stark an, und wird von gebrauchten Feilen kaum bearbeitet. F. Chantry hat davon probeweise Rasirmesser mit guter Schneide gemacht.

9)	100 Kupfer;	$6\frac{1}{4}$ Zinn;	$12\frac{1}{2}$ Zink
	16 „	1 „	2 „
	84,1 „	5,3 „	10,6 „

Bestes hartes Weiß-Metall zu Knöpfen.

10)	100 Kupfer;	$3\frac{1}{8}$ Zinn;	$9\frac{3}{8}$ Zink
	32 „	1 „	3 „
	88,9 „	2,8 „	8,3 „

Ordinäres Weiß-Metall zu Knöpfen.

11)	100 Kupfer;	$166\frac{2}{3}$ Zinn;	$66\frac{2}{3}$ Messing
	3 „	5 „	2 „
	30 „	50 „	20 „

Diese Legirung giebt ein weißes Hartloth; auf den Kupfer-Zink-Gehalt gebracht hat man etwa: 43 Kupfer, 50 Zinn, 7 Zink. Man wendet dieses Loth oft anstatt des Silberlothes an, um Gegenstände von weißer Farbe zu löthen; um dasselbe herzustellen, schmelzt man zuerst das Messing und das Kupfer zusammen, thut das Zinn hinzu und rührt das Ganze wohl um; hierauf gießt man es durch Besenreis in kaltes Wasser, um es zu körnen; nachher wird es getrocknet und in einem eisernen Mörser zu Pulver zerstoßen.

12)	100 Kupfer;	120 Zink;	80 Messing.
	5 „	6 „	4 „
	$33\frac{1}{3}$ „	40 „	$26\frac{2}{3}$ „

Ebenfalls eine weiße Legirung zum Löthen, wie die vorige. Auf den Kupfer-Zink-Gehalt reducirt, ergiebt sich etwa 51 Kupfer und 49 Zink.

Allgemeine Bemerkungen über die Legirungen von Kupfer, Zink, Zinn und Blei.

Gewöhnliches Messing (gelbes Messing) wird durch einen geringen Zinn-Zusatz von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 3 Theilen Zinn auf 100 Theile Messing sehr beträchtlich härter, so daß man es nicht hämmern und strecken kann. Ein ebenso großer Zusatz von Blei dagegen macht das Messing streckbarer und mehr geeignet scharfe Güsse zu bilden. Messing wird durch einen Zinn-Zusatz etwas weißer, durch einen Blei-Zusatz etwas röther. Der Zusatz von Nickel zu den Kupfer-Zink-Legirungen giebt das Neusilber.

Bronze (Kupfer und Zinn) bekommt gewöhnlich einen geringen Zink-Zusatz. Hierdurch wird nicht allein eine innigere Legirung der Metalle befördert, sondern auch in einem gewissen Grade eine Annäherung an die Eigenthümlichkeiten des Messings, indem die Legirung mehr streckbar wird, ohne ihre Härte wesentlich einzubüßen. Die amerikanischen und englischen Normal-Hohlmaaße sind aus einer solchen Legirung gemacht. Das Zink, welches häufig in der Form von Messing den Bronze-Legirungen zugesetzt wird, verbessert auch die Farbe der Legirung, sowohl wenn sie neu ist, als auch wenn sie Patina bekommt. Ein sehr geringer Zusatz von Blei zur Bronze erhöht die Streckbarkeit derselben, aber auf Kosten der Härte und der Farbe; man wendet einen solchen Blei-Zusatz indessen selten an.

Man hat zur Verbesserung der Bronze auch einen Zusatz von Nickel, auch von Antimon vorgeschlagen und empfohlen.

Pot-Metall (Kupfer und Blei) wird durch einen Zusatz von Zinn wesentlich verbessert. Diese drei Metalle: Kupfer, Blei und Zinn verbinden sich in sehr mannigfachen Verhältnissen. Je mehr das Zinn vorherrschend ist, desto mehr nähert sich die Legirung der Bronze. Zink kann dem Pot-Metall nur in geringen Quantitäten zugesetzt werden; übertreibt man den Zusatz von Zink, so bilden sich Kupfer-Zink-Legirungen, indem das Kupfer sich von dem Blei trennt, und dieses beim Erkalten massenhaft ausscheidet. Zink und Blei sind hiernach nicht sonderlich geneigt, Legirungen einzugehen, indessen wird die Verbindung beider Metalle durch die Gegenwart von etwas Arsenik befördert, und man bedient sich desselben, um Schrot aus Blei und Zink zu machen. Ebenso erleichtert ein Zusatz von Antimon die Legirung von Kupfer und Blei; 7 Blei, 16 Kupfer und 1 Antimon vereinigen sich beim Zusammenschmelzen sehr gut mit einander; sie geben eine härtere, gleichförmigere und bessere Legirung, als das gewöhnliche Pot-Metall, welches nur 4 Theile Blei auf 16 Kupfer enthält.

Blei und Antimon, selbst in kleinen Quantitäten, üben einen sehr bemerkbaren Einfluß auf die Verminderung der Elasticität und der Klangbarkeit der Kupfer-Zinn-Legirungen aus.

§. 54.

Legirungen des Zinns und Bleis mit einander und mit Wismuth, Antimon und Zink.

Zur Ergänzung der zahlreichen Legirungen des Kupfers mit Zink, Zinn und Blei, welche wir im vorigen Paragraphen besprochen haben, mögen hier noch einige andere Legirungen folgen, in welchen Kupfer in der Regel nicht enthalten ist und welche gleichwohl im Maschinenbau eine gewisse Anwendung finden.

A. Legirungen von Zinn und Blei.

Zinn und Blei verbinden sich in fast allen Verhältnissen, und die aus denselben gebildeten Legirungen finden mannigfache Anwendung, theils zum Löthen, da sie leicht flüssig sind, theils zu Geschirren und Geräthen *) (Pewter).

1) Schnellloth **), Weichloth, Klempnerloth.

Man braucht es zum Löthen von verzinntem Eisenblech, Kupfer, Messing, Zink, Zinn und Blei, und setzt es nach dem erlangten Grade der Schmelzbarkeit in verschiedenen Verhältnissen zusammen, in denen bald das Blei überwiegend (2 Theile Blei, 1 Theil Zinn), bald von beiden Metallen gleich viel enthalten, bald das Zinn vorherrschend ist (1 Theil Blei, 2 bis 2½ Theile Zinn.) Als das beste Verhältniß, weil die Legirung am dünnflüssigsten ist, werden 17 Theile Zinn auf 10 Theile Blei empfohlen (1¾ Zinn auf 1 Blei).

*) Vergl. §. 51, S. 309.

**) Masch. Thl. I. S. 23.

Die Schmelzpunkte der wichtigsten Legirungen von Zinn und Blei sind bereits in §. 43, S. 273 zusammengestellt worden.

Gutes Schnellloth muß, wenn es in geschmolzenem Zustande auf eine kalte Platte gegossen wird, nach dem Erstarren viele krystallinische Blumen und rundliche Flecken auf einem mattweißen Grunde zeigen; je weniger es diese Eigenthümlichkeiten besitzt, desto weniger Zinn enthält es.

Die Klempner pflegen das Zinnloth zu verfertigen, indem sie Zinn und Blei zu gleichen Theilen zusammenschmelzen, die Masse halb erstarren lassen und den noch flüssigen Theil abgießen und zum Gebrauch aufbewahren. (Das Sicherloth, richtiger Sickerloth).

2) Pewter, eine in England zu Geräthen verarbeitete Zinn-Legirung, welche wesentlich aus Zinn und wenig Blei besteht, auch wohl noch andere Metalle, wie Antimon, Wismuth, Zink und Kupfer enthält. Die genauen Legirungs-Verhältnisse sind nicht vollständig bekannt. Die billigste Legirung heißt Leypewter und enthält etwa 4 Theile Zinn auf 1 Theil Blei; eine bessere Composition hat 5 Theile Zinn auf 1 Theil Blei.

3) 82 Zinn, 18 Blei ist die in Frankreich gesetzlich erlaubte Legirung für Wein- und Essig-Gefäße, welche der Gesundheit nicht nachtheilig sein soll.

4) Legirung für Orgelpfeifen: 2 Theile Blei, 1 Theil Zinn. Das gefleckte oder krystallinische Ansehen rührt von einem Ueberschuß an Zinn her.

B. Legirungen von Zinn, Blei und Wismuth.

Die Legirungen von Zinn, Blei und Wismuth zeichnen sich durch ihre Leichtflüssigkeit aus; es ist bereits in §. 43, S. 273 eine Zusammenstellung der Schmelzpunkte dieser Legirungen mitgetheilt worden. Vor dem Erstarren gehen diese leichtflüssigen Legirungen in einen teigartigen Zustand über, nehmen dabei sehr leicht Eindrücke von scharfen und feinen Formen an und werden vermöge dieser Eigenschaft zur Herstellung der sogenannten Clichés von Medaillen, Siegeln u. s. w. benutzt, welche aber sehr spröde und leicht zerbrechlich sind. Die bekanntesten Legirungen sind folgende:

1) 3 Zinn, 5 Blei, 8 Wismuth.

Newton's leicht schmelzbare Legirung, welche bei 95 Grad C. schmilzt.

2) 1 Zinn, 1 Blei, 2 Wismuth.

Rose's Metall, welches schon bei etwa 94 Grad C. schmilzt.

3) 2 Zinn, 3 Blei, 5 Wismuth.

Eine Legirung, welche schon bei 90 Grad C. schmilzt.

4) 2 Zinn, 1 Wismuth.

Cowper's Legirung, geeignet für die Patronen von Guillochir-Maschinen und Excentrik-Drehmaschinen. Cowper empfiehlt die Legirung in dünnen Platten auf einer kalten Metall- oder Steintafel auszugießen, nachdem man vorher ein glattes Blatt Papier auf dieselbe ausgebreitet, und auf dieses einen metallenen Ring aufgesetzt hat.

Die Legirung soll weder springen noch sich werfen und, wenn sie richtig gemacht ist, sich leicht und glatt drehen lassen, zeigt sie sich hierbei zu sehr krystallinisch, so hat man noch etwas Zinn zuzusetzen.

5) 1 Zinn, 1 Blei, 1 Wismuth,
oder auch

6) 48 Zinn, 32½ Blei, 10½ Wismuth.

Beide Legirungen (Nr. 6 ist etwas härter als Nr. 5) werden zur Herstellung von Kattundruckformen besonders bei Modelldruckmaschinen angewendet.

7) 3 Zinn, 4 Blei, 2 Wismuth.

8) 2 Zinn, 1 Blei, 1 Wismuth.

Beide Legirungen werden als Wismuth-Loth zum Löthen von Zinngegenständen gebraucht.

c. **Legirungen von Zinn, Blei, Wismuth, Antimon, Zink, Messing u. s. w.**

1) 4 Zinn, 5 Blei, 8 Wismuth, 1 Antimon.

2) 1 Zinn, 2 Wismuth, 1 Antimon.

Beide Legirungen braucht man zu Medaillenabdrücken. Die Metalle müssen wiederholt umgeschmolzen und tropfenweise zusammengegossen werden, damit sie sich gehörig mischen.

3) 7 Zinn, 1 Antimon
97⅓ Zinn, 2 Kupfer, ⅔ Wismuth } Metal d'Alger.
94½ Zinn, 5 Kupfer, ½ Antimon

Legirungen von weißer Farbe zu Tischglocken.

4) 48 Zinn, 48½ Blei, 3½ Antimon.

Sehr schlechte und der Gesundheit nachtheilige Legirung, die man zuweilen in schlechten Speiselöffeln findet.

5) Metall zu Maschinentheilen. (Vergl. §. 53, S. 328).

	I	II	III	IV	V
Zinn	3 bis 6	14½	35	—	—
Blei	—	40 bis 90	10	50	30
Antimon	1	16	5	10	50
Zink	—	—	50	40	20
			100	100	100.

Nr. I, II, III, IV Metall zu Zapfenlagern, Nr. V zu Rädern, in welche Zähne eingeschnitten werden sollen. Um Nr. I herzustellen, wird zuerst das Antimon mit einer gleichen Gewichtsmenge Zinn zusammengeschmolzen und die Masse in das übrige schon flüssige Zinn gegossen und umgerührt. Nr. II Man schmelzt zuerst das Zinn mit dem Antimon zusammen und setzt diese Masse dem geschmolzenen Blei zu. Nr. III ist eine von Dalton angegebene Legirung für die Lager von Glätt- und Druckwalzen in Kattunfabriken. Nr. IV ist ein graues Lagermetall von geringer Härte, aber ungemein glatt; wird aber durch Sandkörner leicht geritzt.

6) 9 Zinn, 1 Blei, 1 Wismuth, 1 Antimon.
Queens-Metall zu Geräthen.

7) Britania-Metall wird aus Zinn, Kupfer, Zink, Antimon und Wismuth bereitet, welche man zu gleichen Theilen zusammenschmelzt und dann verschiedene Antheile dieser Legirung mit reinem Zinn zusammengießt. Ungefähre Verhältnisse sind:

86 Zinn, 10 Antimon, 3 Zink, 1 Kupfer
oder 100 „ 7 „ 2 „ 2 „

8) 10 Zinn, 2 Messing, 3 Zink.
Weißmetall zu Geräthen.

9) 56 Zinn, 8 Blei, 4 Kupfer, 1 Zink.
50 Zinn, 4 Antimon, 1 Wismuth.

Beides sind Mittelsorten des Pewters (plate metal — trifling metal) — Vergl. §. 51, S. 309 und §. 53, B. Nr. 18, auch in diesem §. Nr. 2.

D. Legirungen von Blei mit Antimon, Zink u. s. w.

Die wichtigsten Legirungen des Bleis mit dem Antimon sind als Schriftmetall, Schriftzeug u. s. w. bekannt (Vergl. §. 51, S. 308).

1) 3 Blei, 1 Antimon für die kleinsten, härtesten und sprödesten Typen.
2) 4 „ 1 „ „ kleine harte Typen.
3) 5 „ 1 „ „ mittle Typen.
4) 6 „ 1 „ „ große Typen.
5) 7 „ 1 „ „ die größten und weichsten Typen.

Die kleinsten Typen enthalten gewöhnlich noch 4 bis 6 Procent Zinn und oft noch 1 bis 2 Procent Kupfer. Da indessen gewöhnlich altes Schriftmetall mit neuen Metallen zusammengeschmolzen wird, so läßt sich das Verhältniß der Legirungen nicht scharf bestimmen.

Stereotyp-Platten enthalten 4 bis 8 Theile Blei auf 1 Theil Antimon.

6) 100 Blei mit 2 bis 8 Theilen Antimon giebt die Wetterstedt'sche Legirung für Platten zum Beschlagen der Schiffe; der gewöhnliche Gehalt an Antimon beträgt etwa 3 Procent.

Handbuch

der

Maschinen-Kunde.

Erster Band:

Die Maschinen-Baumaterialien und deren Bearbeitung,

mit 42 gravirten Tafeln in gr. Folio,

und mit mehr als 100 in den Text gedruckten Holzschnitten

von

Friedrich Karl Herrmann Wiebe,

Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am Königlichen Gewerbe-Institut und an der Königlichen Bau-Akademie zu Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister ꝛc.

Ersten Bandes zweite Abtheilung:

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

Stuttgart.

Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken.

1858.

Die

Maschinen-Baumaterialien

und

deren Bearbeitung,

eine Zusammenstellung der wichtigsten Erfahrungen

über die

Eigenschaften des Holzes und der unedlen Metalle,

sowie

über die Anlage und die Einrichtung der Schmiedewerkstätten, der Gießereien, und der mechanischen Werkstätten,

mit besonderer Berücksichtigung der in denselben gebräuchlichen Maschinen,

von

Friedrich Karl Herrmann Wiebe,

Professor und ordentlichem Lehrer der Maschinenkunde am Königlichen Gewerbe-Institut und an der Königlichen Bau-Akademie zu Berlin, Ingenieur und Mühlenbaumeister ꝛc.

Mit einem Atlas von 42 Tafeln in gr. Folio,

und

mit mehr als 100 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Zweite Abtheilung:

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

Stuttgart.

Verlagsbuchhandlung von Carl Mäcken.

1858.

Schnellpressendruck der Buchdruckerei von J. C. Mäcken Sohn in Reutlingen.

Inhalts-Verzeichniß.

Zweite Abtheilung.

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

Vierter Abschnitt.

Von den Schmiedewerkstätten.

Fünfter Abschnitt.
Von den Gießereien.

Sechster Abschnitt.

Von den mechanischen Werkstätten.

Zweite Abtheilung.

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

Von der Bearbeitung der Materialien im Maschinenbau.

§. 55.

Ueber Darstellung bestimmter Körperformen im Allgemeinen.

Wir haben bereits in der Einleitung (§. 3, S. 5) gesehen, daß die Bearbeitung der Materialien im Allgemeinen den Zweck hat, bestimmte Körperformen herzustellen, in der Weise, daß man gewisse gegebene Formen so verändert, daß sie in die beabsichtigte Form übergehen. Diese bei der Bearbeitung beabsichtigte Form ist immer ein mehr oder weniger bestimmt begrenzter geometrischer Körper, welcher indessen theils wegen der Unvollkommenheit der Werkzeuge, theils wegen der Mangelhaftigkeit des Verfahrens, welches man zum Zwecke der Formgebung anzuwenden veranlaßt ist, niemals absolut erreicht wird, dem man sich vielmehr nur mit größerer oder geringerer Schärfe zu nähern vermag. Wir wollen daher diese schließlich beabsichtigte Form „die ideale Form" der Maschinentheile nennen.

Je mehr sich ein Maschinentheil in seiner Form der idealen Form nähern soll, eine desto sorgfältigere und umständlichere Bearbeitung erfordert derselbe. Nicht immer ist jedoch eine sehr beträchtliche Annäherung an die ideale Form für den Zweck, den der Maschinentheil zu erfüllen hat, nöthig; in vielen Fällen genügt es, wenn der Körper sich nur ungefähr der idealen Form nähert; es ist dann nicht nöthig, daß seine Oberflächen vollkommen glatt und scharf dargestellt werden, vielmehr sind oft geringe Abweichungen von der idealen Form für den Gebrauch ganz unerheblich. Gleichwohl wird es auch in diesen Fällen stets darauf ankommen bei demselben Aufwand an Zeit, Arbeit und Produktionskosten, den Körper der idealen Form relativ so nahe als möglich zu bringen, und gerade dieser Punkt giebt ein charakterisches Merkmal für die Präcision und Zuverlässigkeit, mit welcher eine Fabrik arbeitet. Als Beispiel möge ein Gewicht zur Belastung eines Sicherheitsventils dienen. Man giebt diesen Gewichten oft eine Kugelform; es ist dabei nicht nöthig, daß sie genau kugelförmig abgedreht und geschliffen werden, vielmehr genügt es, wenn sie nur ungefähr die Kugelform besitzen, dennoch wird man immer einer Arbeit, welche dieses Gewicht, wenn es auch nur roh gegossen ist, scharf und rein herstellt, den Vorzug geben vor einer solchen, welche mit denselben Mitteln das Gewicht rauh, mit scharf markirten Gußnähten und mit anhängenden Eisenbrocken beläßt.

Andere Maschinentheile bedürfen einer möglichst scharfen Formgebung, namentlich alle solche, welche mit andern zusammen passen, auf andern sich bewegen, mit andern zusammen arbeiten oder in andern Verschlüsse bilden sollen. Hier wird es nöthig, nicht nur die idealen Formen ungefähr, sondern dieselben so genau als möglich zu erreichen. Bleiben wir bei dem Beispiel einer Kugel, und denken wir, dieselbe solle als Ventil, als Charnier oder als Chablone dienen, so wird es hier nicht genügen, dieselbe nur roh zu gießen und die Oberfläche rauh zu lassen, sondern man wird die Oberfläche so glatt und rein als mit Berücksichtigung der darauf zu verwendenden Arbeitskräfte und Kosten irgend möglich ist, herzustellen suchen.

Diese Entwickelung ergiebt, daß man im Allgemeinen zwei Kategorien der Darstellung von Körperformen wird unterscheiden können, nämlich:

1) die Darstellung roher Formen (Bearbeitung aus dem Groben).
2) die Darstellung möglichst genauer Formen (Bearbeitung in das Detail).

Zur Darstellung roher Formen aus Metall benutzt man die beiden im ersten Abschnitt mehrfach besprochenen Haupteigenschaften der Metalle, nämlich die Streckbarkeit und die Schmelzbarkeit derselben. Diejenigen Metalle, welche sich leicht strecken, hämmern und schmieden lassen, werden aus dem Groben am besten durch diese Operationen bearbeitet, es sind diese namentlich:

1) Schmiedeeisen,
2) Stahl,
3) Kupfer und Metallbleche.

Andere Metalle, die weniger leicht streckbar sind, dagegen sich leicht schmelzen lassen, und in geschmolzenem Zustand dünnflüssig genug sind, um sich in Formen gießen zu lassen, werden dieser Eigenschaft gemäß bearbeitet, es sind dies vorzugsweise:

1) Gußeisen,
2) Zink, Zinn, Blei, Kupfer und deren Legirungen.

Hiernach ist durch die Eigenthümlichkeit der einzelnen Metalle die Methode ihrer Bearbeitung aus dem Groben ziemlich bestimmt vorgeschrieben.

Was nun aber die Bearbeitung im Detail anbetrifft, so liegt es in der Natur der Sache, daß dieselbe um so leichter sein muß, je mehr sich der Körper beim Beginn der Bearbeitung schon der idealen Körperform nähert, und deshalb stellt man jedes Mal zuerst einen solchen in's Detail zu bearbeitenden Körper durch eine der eben genannten Verfahrungsarten, durch Schmieden oder durch Gießen in roher Form dar, und entwickelt aus dieser rohen Form die scharfe und der idealen möglichst nahe kommende Form. Hierzu gibt es selbstverständlich zwei Wege, entweder nämlich:

1) indem man diejenigen Theile der rohen Form fortnimmt, welche die scharfe und genaue Begrenzung beeinträchtigen, oder
2) indem man solche Theile der rohen Form hinzufügt, welche an der idealen Form fehlen.

Die erstgenannte Methode ist im Allgemeinen die vorzüglichere, und diejenige, welche die allgemeinste Anwendung findet; die zweite wird meist nur als Aushilfe da gebraucht, wo die Herstellung einer entsprechenden rohen Form zu schwierig sein würde, weil etwa sehr feine und kleine Vorsprünge bei mehr massigen Theilen sich befinden, oder auch da, wo gewisse Theile, wenn man sie der rohen Form von Hause aus geben wollte, die Bearbeitung außerordentlich erschweren würden.

Die Räume, in welchen die oben beschriebenen Bearbeitungen vorgenommen werden, heißen *Werkstätten*. Sie umfassen den ganzen Complex der zu der beabsichtigten Bearbeitung nöthigen Vorrichtungen, und wir wollen daher die Besprechung der Operationen selbst mit der Anordnung und Einrichtung der Werkstätten verbinden.

Eine *vollständig eingerichtete Maschinenfabrik* hat hiernach im Allgemeinen folgende Werkstätten:

1) *Schmiedewerkstätten*,
2) *Gießereien*,
3) Werkstätten zur genaueren Bearbeitung der Maschinentheile (*mechanische Werkstätten*).
4) *Hilfswerkstätten* zur Ausführung einiger besonderer Arten von Bearbeitung.
5) *Räume zum Aufstellen der Maschinen*.

Vierter Abschnitt.

Von den Schmiedewerkstätten.

§. 56.

Feste Schmiedefeuer und Schmiedeessen.

Unter Schmieden versteht man im Allgemeinen die Formgebung eines Metalls durch Hämmern, wobei es entweder ausgereckt oder zusammengedrückt, oder auch gebogen oder verdreht wird. Die meisten Metalle, welche geschmiedet werden, sind der Formveränderung leichter zugänglich, wenn sie erwärmt werden, und deshalb erfolgt das Schmieden meist während die zu schmiedenden Gegenstände sich in einem gewissen Hitzegrad befinden. Man unterscheidet das Schmieden mit der Hand (Handhammerschmiede), und das Schmieden mittelst Hämmern, welche mit Maschinerien durch Elementenkräfte bewegt werden (mechanische Hammerschmiede).

Das Schmieden des Eisens und des Stahls ist für die Darstellung von Maschinentheilen jedenfalls das wichtigste; Kupfer wird in den Maschinenfabriken selten geschmiedet; die meisten Arbeiten, welche zur Darstellung roher Formen aus Kupfer durch Schmieden nöthig sind, werden entweder in den Kesselschmieden (s. diese §. 72) vorgenommen, oder außerhalb der Maschinenfabriken von Kupferschmieden angefertigt.

An die eigentlichen Schmiedearbeiten schließen sich noch eine Reihe von Arbeiten, welche gleichfalls in Schmiedewerkstätten vorgenommen werden müssen, und welche daher auch Sache des Schmiedes sind; hierzu gehört das Schweißen des Eisens (§. 25) und des Stahls, und das Anlassen, Ausglühen und Härten des Stahls (§. 41).

Jede Schmiedewerkstatt bedarf zunächst gewisser Einrichtungen, um das zu schmiedende Eisen warm zu machen. Bei leichtern Schmiedearbeiten, welche durch Handhämmer bearbeitet werden, bedient man sich zu diesem Zweck der sogenannten Schmiedefeuer, Schmiedeessen; größere Gegenstände dagegen, namentlich solche, welche unter mechanischen Hämmern geschmiedet werden, erhitzt man in besondern Oefen, Glühöfen, Schweißöfen, welche nach Art der Flammöfen construirt sind (§. 62).

Die einfachsten Schmiedeessen enthalten nur ein Schmiedefeuer, in größeren Werkstätten vereinigt man zwei, auch vier Schmiedefeuer in einer Esse.

Ein einfaches Schmiedefeuer für größere Gegenstände ist auf Taf. VI. in Fig. 1^a und Fig. 1^c bei A dargestellt, und zwar in Fig. 1^a in der Ansicht in $1/_{60}$ der natürlichen Größe und in Fig. 1^c im Grundriß $1/_{120}$ der natürlichen Größe. Dasselbe ist in einer bedeutenden Maschinenfabrik bei Berlin in Gebrauch. Die Schmiedeesse besteht aus einem gemauerten Herde a, welcher, um Mauerwerk zu ersparen, nicht massiv aufgeführt, sondern mit einer Höhlung b versehen ist, welche man hier mit einer starken gußeisernen Platte abgedeckt hat,

während sie sonst auch wohl, aber weniger zweckmäßig, überwölbt ist. Die obere Fläche des Herdes ist ebenfalls mit einer gußeisernen Platte überdeckt, welche 6′ 3″ lang, 4′ 3″ breit ist, und 2′ 3″ über dem Niveau des Fußbodens liegt. Im Mauerwerk des Herdes befindet sich an der einen Seite eine flache Vertiefung c, über welcher die Deckplatte ausgespart ist; sie dient zur Aufnahme des Schmiedefeuers und der zu erhitzenden Gegenstände, und heißt die Feuergrube. Neben der Feuergrube erhebt sich eine vertikale Mauer d, die Feuer- oder Brandmauer, welche von der einen Seite die Schmiedeesse abschließt und in der unmittelbaren Nähe der Feuergrube, wie diese selbst aus feuerfesten Steinen besteht. Die Brandmauer hat vor der Feuergrube eine Durchbrechung, in welcher die sogenannte Form (Schmiedeform, Windform, Esse-Eisen) e liegt. Diese Form ist bei dem hier gezeichneten Schmiedefeuer von Gußeisen, sie bildet einen hohlen Konus, in welchem ein zweiter, mit dem äußern concentrischer hohler Kegel liegt. Dieser innere hohle Kegel dient zur Zuführung der Gebläseluft, während der Zwischenraum zwischen dem Mantel desselben und dem äußern Kegelmantel wasserdicht abgeschlossen ist, und von einem höher gelegenen Bassin f mit Wasser gefüllt wird. Hierdurch wird die Form immer kühl erhalten; das erwärmte Wasser fließt durch eine kleine Röhre ab, während es aus dem Bassin f stets durch kaltes Wasser ersetzt wird. Die Gebläseluft (der Wind) wird hier durch einen Ventilator geliefert, und durch die Windleitung g, welche sich, unmittelbar vor der Form, durch einen Hahn absperren läßt, zugeführt.

Vor dem Herde steht auf einem Mauerabsatz ein eiserner Wassertrog h (der Löschtrog), welcher theils zum Abkühlen der gebrauchten Werkzeuge, auch wohl zum Härten dient, theils aber auch das nöthige Wasser liefert, um mit einem Wedel das Steinkohlenfeuer besprengen zu können.

An der Brandmauer ist der Rauchfang k befestigt, ein konischer Mantel von Eisenblech, welcher in einen eisernen Schornstein l mündet und dazu dient, den Rauch und die Funken aufzunehmen und aus dem Gebäude zu entfernen.

Um schwere Schmiedestücke leichter handhaben zu können, ist vor der Schmiedeesse ein hölzerner Krahn aufgestellt, dessen horizontaler Ausleger m an der Krahnsäule n durch Bänder von Schmiedeeisen aufgehängt ist, während sich der Länge nach auf demselben ein kleiner Rollwagen o mit einer Kette bewegt. Man hängt die zu erhitzenden Gegenstände an dieser Kette auf, kann sie so leicht in das Feuer und aus diesem heraus auf den Ambos bringen.

Schmiedeessen mit mehreren Feuern sind auf Taf. VI. in Fig. 1[c] bei B und C im Grundriß angedeutet. Sie stimmen in ihrer Construction mit der eben beschriebenen Esse vollkommen überein, nur daß unmittelbar zwei Feuer neben einander liegen, und die beiden Rauchmäntel in einen gemeinschaftlichen Schornstein münden. Bei B sind die Mittellinien (die Richtungen der einströmenden Gebläseluft) beider Feuer parallel, bei C dagegen sind sie in einem rechten Winkel gegen einander gestellt.

Detaillirtere Zeichnungen von Schmiedeessen mit mehreren Feuern befinden sich auf Taf. III. — Fig. 1 auf Taf. III. ist eine Schmiedeesse mit vier Feuern aus einer großen militärischen Werkstatt bei Berlin.

Fig. 1[a] zeigt einen Durchschnitt nach der Linie A B in Fig. 1[c]; Fig. 1[b] theilweise eine Ansicht und theilweise einen Durchschnitt nach der Linie C D E in Fig. 1[c]; endlich Fig. 1[c] ist ein Grundriß der Schmiedeesse. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Je zwei dieser vier Feuer haben eine gemeinschaftliche Feuergrube c, und sind von den beiden andern durch die Trennungsmauer d d geschieden; es zerlegt sich die ganze Anlage hiernach in zwei Gruppen von Feuern, deren jede zwei Feuer enthält. Alle vier Feuer haben einen gemeinschaftlichen Herd, welcher auf einem starken Fundament in der Mitte den Schornstein trägt. Man sieht, daß in dem gemeinschaftlichen Schornstein jedes Feuer sein besonderes Rauchrohr l von je 10 Zoll im Quadrat Querschnitt hat. Die Zuleitung des Windes erfolgt durch ein weites Rohr g von Gußeisen von 12 Zoll Durchmesser, welches in dem Fundament des Schornsteins eingemauert ist, und von welchem sich für jedes Feuer vertikale Standröhren abzweigen, die in gemauerten, von außen zugänglichen Kammern liegen, sich oben rechtwinklig umbiegen und in die Form e ausmünden. In der Biegung befindet sich ein Hahn, durch welchen man die Windleitung von jedem Feuer einzeln absperren kann. Auch hier befindet sich in dem eigentlichen Herde bei jedem Schmiedefeuer ein ausgesparter Raum b b, welcher durch eine gußeiserne Platte, die noch durch Querbalken unterstützt wird, oben gedeckt ist, von außen her an den Enden des Herdes zugänglich ist, und zur Aufnahme des Kohlen-Vorrathes dient. Nicht der ganze Herd ist hier, wie im vorigen Beispiel, mit einer gemeinschaftlichen Deckplatte überdeckt, sondern nur an den Arbeitsenden bei c′ c′ c′ c′ finden sich solche Deckplatten angeordnet. Die obere Fläche des Herdes ist sonst unbedeckt, hat aber hier neben jeder Deckplatte eine Oeffnung k k, durch welche die aus dem Feuer gezogenen Schlacken leicht entfernt werden können; dieselbe mündet unter den gußeisernen Löschtrögen h, deren jedes Feuer einen besondern hat. Ein eigentlicher Rauchfang ist hier nicht angeordnet, dagegen ist über den Eingang zum Schornsteinrohr eine Platte aus feuerfesten Steinen vorgekragt m m, welche die Stelle des Rauchmantels vertreten soll.

Eine andere Anordnung einer Schmiedeesse mit vier Feuern ist auf Taf. III. in Fig. 2 dargestellt. Dieselbe ist in einer Reparatur-Werkstatt für Locomotiven und Eisenbahnwagen auf einer preußischen Eisenbahn im Gebrauche. Fig. 2[a] zeigt einen vertikalen Durchschnitt nach der Linie A B B′ in Fig. 2[c]; Fig. 2[b] ist theilweise eine Ansicht, theilweise ein Durchschnitt nach der Linie C D E in Fig. 2[c]; Fig. 2[c] ist ein Horizontalschnitt nach der Linie F G H in Fig. 2[a]. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die vier Schmiedefeuer sind so gruppirt, daß je zwei und zwei sich neben einander an derselben Seite der Brandmauer d d befinden; sie unterscheiden sich in der Anordnung indessen von der vorigen Construction (Fig. 1) dadurch, daß hier jedes Feuer seine besondere Feuergrube c c besitzt, auch bemerkt man, daß die Brandmauer nicht, wie in der vorigen Construction, für je zwei Feuer fluchtrecht durchläuft, sondern hier zwischen je zwei Feuern im Grundriß 2[c] einen Knick hat d′, indem sich die vertikalen Vorderflächen der Brandmauern je zweier benachbarten Feuer unter einem stumpfen Winkel

schneiden. Diese Anordnung hat den sehr erheblichen Vortheil, daß die beiden Feuer sich viel weniger stören, wenn man lange Arbeitsstücke zu erhitzen hat, die man genöthigt ist durch das Feuer durchzuschieben, um an einer von den Enden entfernten Stelle Hitze zu machen.

Bei der Anordnung in Fig. 1 schiebt man dann leicht das Arbeitsstück aus dem einen Feuer in das andere, während bei der Anordnung in Fig. 2 die beiden Stücke sich leicht an einander vorbeischieben lassen.

Die eben erwähnte Anordnung ist übrigens sowohl bei den Schmiedefeuern auf Taf. III. in Fig. 3, als auch bei den Schmiedefeuern auf Taf. VI. Fig. 1ᶜ bei B und Fig. 2ᵇ, sowie auf Taf. VII. bei Fig. 2ᵇ in Anwendung.

Die Schmiedefeuer in Fig. 2 auf Taf. III., welche wir eben beschreiben, erhalten den Wind durch eine gemauerte Windleitung g; zwischen den Brandmauern der Schmiedefeuer sind gemauerte Kammern g′ g′ ausgespart, in welchen ein vertikales Standrohr den Wind aus der gemauerten Windleitung durch die, mittelst Hähne abzuschließenden Düsen e′ e′ in die Formen e e der Schmiedefeuer leitet. Die Feuergruben c c sind von ziemlich großen Abmessungen, die Oberfläche des Herdes ist neben denselben, aber nicht zwischen je zwei Feuergruben mit einer gußeisernen Deckplatte versehen, welche an zwei Stellen durch einen Löschtrog, der für je zwei Feuer gemeinschaftlich ist, unterbrochen wird. Ebenso haben die beiden neben einander liegenden Feuer einen gemeinschaftlichen, überwölbten Kohlenraum b b. — Zwischen und auf den Brandmauern steht der Schornstein, welcher für jedes Schmiedefeuer ein besonderes Rauchrohr l l enthält; an jedem Rauchrohr befindet sich in einem Abstande von 20 Zoll über der Oberfläche des Herdes ein Rauchmantel aus Eisenblech k k. —

Eine Schmiedeesse mit zwei Schmiedefeuern ist auf Taf. III. Fig. 3 dargestellt. Dieselbe ist in der neuen Reparatur-Werkstatt der Stargard-Posener Eisenbahn zu Stargard in Pommern ausgeführt. Fig. 3ᵃ ist ein Vertikalschnitt nach der Linie A B in Fig. 3ᶜ, Fig. 3ᵇ eine Vorderansicht und Fig. 3 ein Grundriß; sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Das Mauerwerk des Herdes a ist der ganzen Länge nach mit einer überwölbten Aussparung b versehen, welche zur Aufnahme des Kohlenvorrathes dient; die Ränder der Oberkante des Herdes sind mit einer Deckplatte c versehen, welche an der Vorderwand, da wo der gemeinschaftliche Löschtrog h steht, unterbrochen ist. Die Feuergrube c wird durch eine muldenförmige Höhlung gebildet, welche durch die Brandmauer d scharf abgeschnitten ist. Auch hier sind die Brandmauern der beiden Feuer nicht fluchtrecht, sondern sie schneiden sich unter einen stumpfen Winkel, aus den oben bei der Beschreibung der Fig. 2 auf Taf. III. angegebenen Gründen, indessen ist die scharfe Kante, in welcher sie sich schneiden würden, bei d′ stumpf abgeschnitten. Zwischen der Brandmauer und der Mauer des Werkstattgebäudes q, welche die beiden 12 Zoll im Quadrat weiten Schornsteinröhren aufnimmt, ist eine Passage g′, durch welche die Windleitung eintritt. Die Hauptröhre dieser Windleitung g liegt auf der obern Fläche der niedrigen Brandmauer, von derselben geht ein niedersteigendes Rohr zwischen beiden Feuern abwärts, welches sich unten in dem Raum g′ in zwei

Zweigröhren theilt, die den Wind nach den Formen führen. Um die Form bequem durch die Brandmauer stecken zu können, ist diese an der betreffenden Stelle mit einer größern überwölbten Oeffnung versehen, welche, wenn das Feuer im Betriebe ist, entweder mit feuerfesten Steinen, oder durch zusammengepackte Stücke von zerbrochenen Gußeisentheilen versetzt ist. Die Rauchfänge k k bestehen aus halbkegelförmigen Blechmänteln, welche an der Brandmauer aufgehängt sind, und zwar so, daß sie sich, wie Fig. 3^b zeigt, leicht in die Höhe klappen und entfernen lassen. Die Anordnung dieser Schmiedefeuer in einer Schmiedewerkstatt mit 12 Feuern zeigt Taf. III. Fig. 4.

Die Werkstatt enthält vier größere und acht kleinere Feuer. Die kleinern Schmiedefeuer b b in Fig. 4^b sind genau so construirt, wie das in Fig. 3 dargestellte; die größern Schmiedefeuer a a in Fig. 4^b unterscheiden sich nur in den Dimensionen von den kleinern, da der Herd der größern 10′ und 6′ 3″ mißt, während er bei den kleinern nur 9 Fuß Länge und, mit Einschluß der Dicke der Brandmauer, nur 5′ 9″ Breite hat.

§. 57.

Transportable Schmiedefeuer.

Zuweilen bedarf man beim Aufstellen von Maschinen gewisser Schmiedearbeiten, die an Ort und Stelle ausgeführt werden müssen, und dann wendet man mit Erfolg transportable Schmiedefeuer oder sogenannte Feldschmieden an. Dieselben bestehen im Allgemeinen aus einem transportablen eisernen Gerüst, welches sowohl das Schmiedefeuer, als auch das Gebläse enthält. Taf. IV. Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines solchen transportablen Schmiedefeuers. Das Gerüst ist ganz von Eisen construirt. A ist der Blasebalg, welcher durch einen Trittthebel, sowohl von B als von B′ aus, in Bewegung gesetzt werden kann. C ist die Windleitung, D die Feuergrube, E der Löschtrog.

Eine andere Construction für ein transportables Schmiedefeuer von Enfer in Paris ist auf Taf. IV. Fig. 2 dargestellt, und zwar zeigt Fig. 2^a einen Vertikaldurchschnitt durch die Feuergrube und durch das Gebläse, und Fig. 2^b eine obere Ansicht nach Abnahme der obern Platte, welche die Feuergrube enthält. Beide Figuren in $^1/_{10}$ der natürlichen Größe. Das Gebläse ist ein cylindrischer Blasebalg A, welcher an einer mit dem cylindrischen Gerüst B verbundenen horizontalen Platte a befestigt ist. In der Platte a befinden sich zwei durch Klappenventile verschließbare Oeffnungen C D. Das Ventil C ist mit einer Blechwand a′ überdeckt, welche es von dem obern Theil des cylindrischen Gerüstes E trennt. Diese Abtheilung E dient als Windreservoir und communicirt mittelst des Ventils D mit der untern Abtheilung A′ des cylindrischen Gerüstes, welche als Gebläse wirksam ist. Diese Abtheilung A′, deren Boden die Scheidewand b ist, communicirt mittelst des Klappventils D′ mit der freien Luft, und zwar zunächst mit dem untersten Raum des cylindrischen Gerüstes B, welches unten durch eine Holzscheibe c abgeschlossen,

und mittelst vier Winkeleisen, die als Füße dienen, unterstützt ist. Der oberste Abschluß des Windreservoirs erfolgt durch eine Blechplatte d, welche vier Arme r r zur Aufnahme der Platte mit der Feuergrube trägt. Ein Ventil stellt die Verbindung des Windreservoirs mit der Höhlung des Blasebalgs A her.

In dem Reservoir E befindet sich eine Art Kolben, ähnlich gestaltet wie der Blasebalg A, aber insofern von demselben verschieden, als dieser durch seine gußeiserne Bodenplatte immer niedergezogen wird, während der Kolben G durch eine Spiralfeder g fortwährend gespannt wird.

Diese Feder g ist unten an dem Boden des Kolbens f und oben an einer Schale e′ e′ befestigt, welche die obere Oeffnung für die Feder g in der Platte d überspannt. Von dem Windreservoir E wird der Wind durch die Oeffnung o mittelst des Knierohrs H nach der Düse geführt, welche in der Feuergrube so ausmündet, daß keine Schlacken aus letzterer in das Gebläse treten können.

An der gußeisernen Bodenplatte e des Blasebalges A ist mittelst einer Hülse c′ das Ende der Stange K befestigt, welche unten in einen viereckigen Kopf k endigt, an diesem sind zwei Zugbänder d′ d′ befindlich, mittelst derer die Stange k an dem Hebel L aufgehängt ist. Dieser kann durch die Zugstange P mittelst des Hebels M bewegt werden, welcher sich um den Stützpunkt N, der an der Hinterwand der Herdplatte befestigt ist, dreht. Da wo die Stange k durch die Scheidewand b b geht, ist eine Stopfbüchse p p′ mit Leder- oder Gummi-Dichtung angebracht. Anstatt der schweren gußeisernen Bodenplatte e e könnte man auch, wie in dem Kolben G, eine Spiralfeder anwenden und umgekehrt.

Die Wirkungsweise des Gebläses ist folgende:

Durch den Hebel M wird mittelst des oben beschriebenen Mechanismus der Blasebalg A auf und nieder bewegt. Beim Aufgange desselben öffnet sich das Ventil D′ und läßt in den Raum A Luft eintreten, während die im Innern des Blasebalges A befindliche Luft in Folge der Zusammendrückung desselben durch das mittle Ventil in das Windreservoir E entweicht. Geht dagegen der Hebel L nieder, so schließt sich das mittle Ventil; das mittle Ventil rechts öffnet sich und füllt das Innere des Blasebalgs mit Luft; gleichzeitig schließt sich auch D′, während die Luft in dem Raum A′ durch den sich ausdehnenden Blasbalg A verdrängt, und durch das Ventil links in das Windreservoir geschafft wird. Es wird also, sowohl beim Aufgange als beim Niedergange des Blasebalgs A, Luft in das Reservoir gepreßt; dadurch aber wird der Kolben G gehoben, und zwar um so mehr, je mehr Luft in den Raum E gelangt; da aber die Spiralfeder g den Kolben wieder auszudehnen strebt, so wird der Raum, welchen die durch die Oeffnung o ausströmende Luft frei macht, sofort wieder durch den Kolben G ausgefüllt, so daß bis zu einem gewissen Grade die Luft durch die Oeffnung o mit ziemlich gleichmäßigem Druck ausblasen kann.

Taf. IV. Fig. 3 zeigt ein anderes transportables Schmiedefeuer (Feldschmiede), welches in Berlin vielfach von den Arbeitern der Gas-Anstalt sowohl als der Wasserleitung beim Aufstellen der Röhren benutzt wird. Fig. 3ᵃ ist der Längendurchschnitt, 3ᵇ die Ansicht von einem Ende; beide

in $^1/_{10}$ der natürlichen Größe, Fig. 3^c^ ist die obere Ansicht in $^1/_{20}$ der natürlichen Größe. A ist der Schmiedeblasbalg, welcher mittelst der Axe B' durch den Tritthebel B mit dem Fuße bewegt wird; C ist die Windleitung, D die Feuergrube, E eine gußeiserne Schutzplatte, F F' zwei Schraubstöcke, welche bei a und a' kleine Ansätze haben, um darauf hämmern zu können. G ist ein Fach und H ein Schrank zu Werkzeugen und Geräthschaften. Das Ganze steht auf vier Rädern, und kann von Arbeitern fortgezogen und geschoben werden, wozu der Zughaken k dient. Anstatt der Holzbekleidung wendet man auch Eisenblech an.

§. 58.

Brennmaterial für Schmiedefeuer und Kohlen-Verbrauch.

Das Brennmaterial für Schmiedefeuer besteht im Allgemeinen aus Kohlen, sowohl aus natürlichen Kohlen, wie Steinkohlen, Braunkohlen, oder aus solchen, welche erst durch einen künstlichen Verkohlungsprozeß gewonnen werden, wie Holzkohlen, Torfkohlen, Koks.

Die Steinkohlen bilden zur Zeit das zum Schmieden des Eisens am allgemeinsten übliche Brennmaterial, weil sie besser als Braunkohlen, und billiger als Holzkohlen und Kokes sind. Wo dagegen der Schwefelgehalt der Steinkohlen sehr nachtheilig auftritt, oder wo man eine weniger intensive, als vielmehr eine sehr gleichförmige Hitze anwenden will, zieht man Holzkohlen vor.

So wendet man für die Bearbeitung des Stahls, namentlich behufs des Härtens und Anlassens, sowie bei sehr feinen und sauberen Eisenwaaren, fast nur Holzkohlenfeuer an; ebenso beim Löthen und beim Schmieden größerer Stahlstücke. Die zum Schmieden am meisten gebrauchte Steinkohle führt den Namen Schmiedekohle; es ist eine backende Steinkohle von tief schwarzer Farbe; die in's Eisengraue spielenden Kohlen sind im Allgemeinen zum Schmieden weniger geeignet.

Die backende Eigenschaft der Schmiedekohle hat für den Schmiedebetrieb mancherlei eigenthümliche Vortheile. Da nämlich die Kohle in der Hitze zusammensintert, so bildet sich über den glühenden Kohlen des Schmiedefeuers eine feste Kruste, welche sowohl die Hitze mehr zusammenhält, als auch den Wind concentrirt, und dadurch den Wärme-Verlusten und dem überflüssigen Verbrennen der Kohlen vorbeugt.

Die Bildung dieser Kruste sucht man durch Aufsprengen von kaltem Wasser aus dem Löschtrog mittelst eines Wedels zu befördern.

Dies Aufsprengen des Wassers hat außerdem noch den Vortheil, daß der Arbeiter vor der strahlenden Wärme des Feuers mehr geschützt ist; es muß übrigens mit Vorsicht und Geschick bewirkt werden, damit man nicht das Eisen durch das Wasser abkühle und dadurch das Erhitzen desselben verzögere.

Je weniger die Steinkohlen jene backende Eigenschaft besitzen, desto weniger beliebt sind sie für den Schmiedebetrieb, deshalb sind die Sinterkohlen weniger gut, als die stark backenden Kohlen, und die Sandkohlen fast gar nicht anwendbar.

Andere Eigenschaften einer guten Schmiedekohle sind ein möglichst geringer Gehalt an Schwefelkies und leichte Entzündbarkeit, auch lang anhaltendes Glimmen, endlich ein möglichst geringer Gehalt an Asche.

Kohlen, welche einen starken Gehalt an Schwefelkies haben, zerfressen das Eisen, es bildet sich Schwefeleisen, und die Oberfläche wird dadurch löchrig und rauh. Wenn dagegen die Kohlen einen starken Asche-Gehalt haben, so bildet sich aus den Silikaten desselben mit dem Glühspahn eine schmelzende Schlacke, welche nicht nur die Bearbeitung des Eisens hindert, sondern auch ganz besonders die Erhitzung des Eisens beeinträchtigt und die Wirkung des Feuers hemmt. Ist diese Schlacke sehr dickflüssig und zähe, so läuft sie nicht von selbst von dem Eisen ab, sondern muß vor Beginn der eigentlichen Schmiedearbeit erst sorgfältig und oft mühsam entfernt werden. Die Menge der sich bildenden Schlacke beträgt zwischen 1 bis 20 Procent des Gewichtes der Steinkohlen; wenn sie nicht viel über 10 Procent beträgt, so gelten die Kohlen noch als gut.

Die in den Schmiedefeuern verwendeten Steinkohlen müssen, damit sie sich dichter um das zu erhitzende Eisen anschließen, und damit sich leichter die schützende Kruste durch Zusammenbacken bildet, in etwa Erbsen- oder Nußgroßen Stücken verbraucht werden (Nußkohle), welche auf den Kohlengruben als Abfall bei der Gewinnung der Steinkohlen sich bilden (Kohlenklein, Kohlengrus, Schmiedegrus).

Wenn man die Schmiedekohlen nicht auf diese Weise gehörig zerkleinert bekommen kann, so muß man sie durch Zerschlagen größerer Stücke herstellen. Den Schmiedegrus bewahrt man in einigem Vorrath in einer Höhlung unter dem Schmiedeherde auf, wobei man denselben sehr stark mit Wasser anfeuchtet, so daß er ganz naß und in diesem Zustande schon zusammenbackend in's Feuer gebracht wird. Hierdurch wird theilweise schon das Zusammenbacken in der Hitze vorbereitet, und auch die Bildung eines dem Eisenstück in möglichst vortheilhafter Weise entsprechenden Kohlenhaufens erleichtert.

Braunkohlen bilden ein viel schlechteres Brennmaterial für Schmiedefeuer als Steinkohlen, da sie die so schätzbar backende Eigenschaft der Steinkohlen gar nicht besitzen, und außerdem einen bedeutenden Aschegehalt haben; sie erzeugen daher oft sehr bedeutende Mengen Schlacke, und geben eine viel weniger intensive Hitze als Steinkohlen. Aus diesen Gründen wendet man die Braunkohlen meist nur als Nothbedarf an, wo es an Steinkohlen fehlt.

Von den künstlich verkohlten Materialien sind die Holzkohlen von der größten Wichtigkeit für den Schmiedebetrieb.

Die Holzkohlen sind viel leichter entzündlich, als die Steinkohlen, haben einen außerordentlich geringen Aschegehalt, besitzen niemals Schwefelkies und geben eine sehr gleichförmige Hitze; sie besitzen daher alle Eigenschaften einer guten Schmiedekohle, wie wir sie oben dargestellt haben, bis auf eine, nämlich daß sie nicht backen. Aus diesem letztern Mangel rührt der im Vergleich mit den Steinkohlen außerordentlich schnelle Verbrauch an Holzkohlen her, und daher auch, da sie theurer sind als Steinkohlen, ihre Kostspieligkeit in der Anwendung. Gleichwohl kann man zu gewissen, oben bereits angeführten Arbeiten, die Holzkohlen

nicht entbehren. Man rechnet übrigens, daß 100 Pfund gute Holzkohlen im Schmiedefeuer etwa dieselbe Wirkung haben, wie 112 bis 125 Pfund Steinkohlen.

Die Wirkung der Holzkohlen im Schmiedefeuer ist übrigens im Allgemeinen proportional der verwandten Gewichtsmenge, und es ist also gleichgiltig, ob man die Kohlen von harten oder von weichen Hölzern anwendet. Da aber die ersteren öfter dichter und schwerer sind, so geben sie bei denselben Volum-Mengen mehr aus, als die Kohlen von weichen Hölzern, die übrigens auch noch dadurch Verluste herbeiführen, daß sie von dem Winde leicht fortgeblasen werden. Um die schützende Kruste zu bilden, welche den Holzkohlen abgeht, verwendet man mit Vortheil ein Gemenge von Steinkohlen und Holzkohlen, und zwar etwa 3 Pfund Steinkohlen und 2 Pfund Holzkohlen. Zuerst nämlich macht man ein Steinkohlenfeuer an, wenn dasselbe gehörig im Gange ist, öffnet man oben die Kruste desselben, schüttet die Holzkohlen hinein und schiebt die Steinkohlendecke wieder darüber. Dies Gemenge soll besonders gute und schnelle Schweißhitzen geben.

Kokes eignen sich zu manchen Arten des Schmiedebetriebes sehr gut, indem sie eine schnelle und sehr intensive Hitze geben; man wendet sie oft an Stelle der Holzkohlen an, namentlich wenn sie leicht und sehr rein sind; indessen haben sie doch vor den Steinkohlen nicht so erhebliche Vorzüge, daß man erst die Steinkohlen zu verkoken veranlaßt ist, anstatt sie unmittelbar zu verwenden. Kokes finden daher mehr eine gelegentliche, als eine sehr allgemeine Anwendung.

Uebrigens ist zu bemerken, daß Kokes die Hitze nicht so gut halten, wie Steinkohlen; nur in größern Haufen bleiben sie längere Zeit in Gluth, während sie in dünnen Haufen, oder wenn das Feuer auseinander gestört wird, sehr leicht verlöschen. Ebenso sind sie gegen einen starken Luftstrom sehr empfindlich und werden leicht ausgeblasen. Kokes sind daher vorzugsweise nur für größere Feuer, ohne besondere Geschicklichkeit in ihrer Behandlung zu verlangen, anwendbar.

Torfkohle ist im Allgemeinen ein sehr ungeeignetes Brennmaterial für Schmiedefeuer. Theils nämlich ist die Kohle zu leicht und zu locker, um eine sehr intensive Hitze ohne sehr beträchtlichen Verbrauch an Kohle zu erzielen, theils hat sie einen so hohen Aschegehalt, daß sie eine große Menge sehr nachtheiliger Schlacken erzeugt. Soll die Torfkohle noch brauchbar sein, so darf sie nicht mehr als etwa 12 Procent Asche enthalten. In neuerer Zeit hat man eine Torfkohle aus comprimirtem Torf hergestellt, welche sich zum Schmieden etwas besser eignet, als die lockere.

Ueber den Verbrauch an Kohlen in Schmiedefeuern finden sich in Prechtl's technologischer Encyklopädie, Band 13, Seite 22 folgende Angaben:

Art des Schmiedefeuers.	Stündlicher Verbrauch an Brennmaterial bei kaltem Winde. Steinkohlen.	Holzkohlen.	Kokes.
Schmiedefeuer der kleinsten Art (Nagelschmiedefeuer)	2 bis 2 1/2 Pfd.	1 3/4 bis 2 1/2 Pfd.	
Gewöhnl. kleines Schlosserfeuer, worin Eisen von 1/4 bis 1/2 □Zoll Querschnittsfläche verarbeitet wird	4 bis 6 Pfd.	3 1/2 bis 5 Pfd.	2 1/2 bis 3 1/2 Pfd.
Ein etwas größeres Feuer, zu Eisenstäben von 1 bis 2 □Zoll Querschnittsfläche . . .	6 1/2 bis 9 Pfd.	5 1/2 bis 7 3/4 Pfd.	4 bis 5 1/2 Pfd.
Ein großes Feuer zu Eisenstäben von 3 bis 4 Quadratzoll Querschnitt	14 bis 18 Pfd.	12 bis 15 Pfd.	8 1/2 bis 11 Pfd.

Es ist übrigens zu bemerken, daß der Kohlenverbrauch wesentlich von der Geschicklichkeit des Arbeiters, von der richtigen Regulirung und Leitung des Windes und von der geübten Benutzung des Löschwedels abhängig ist.

Der Kohlenverbrauch im Verhältniß zu der zu verschmiedenden Eisenmenge ist von so verschiedenen Verhältnissen abhängig, daß sich kaum bestimmte Angaben darüber machen lassen, namentlich ist darauf von Einfluß die Uebung und die Geschicklichkeit des Arbeiters, die Menge der zu gebenden Hitzen, die Anzahl der Schweißungen und die Dimensionen des Eisens, sowohl vor dem Verschmieden, als auch nach demselben. Man pflegt indessen als Durchschnittssätze zu rechnen:

bei kleinen Stäben, welche in einer Hitze fertig gemacht werden auf 100 Pfund Eisen . . . 60 bis 70 Pfund Steinkohlen, oder . . . . 50 bis 60 Pfund Holzkohlen,

bei größern Stäben und oft vorkommenden Schweißungen . . . . 30 bis 150 Pfund Steinkohlen.

Bei einer großen französischen Maschinenfabrik ergaben sich bei einer Beobachtung an einer beträchtlichen Menge von Schmiede-Arbeiten folgende Werthe:

Es wurden verarbeitet:

610	Kilogr. gewöhnl. Eisen 100 Kilogr.	à	33 Francs	—	201 Francs	— Cent.
212	„ desgl.	à	31 „	—	65 „	70 „
180	„ Schmiede-Eisen	à	50 „	—	90 „	— „
106	„ desgl.	à	40 „	—	42 „	40 „
45	„ altes Eisen	à	30 „	—	13 „	50 „
8	„ desgl.	à	28 „	—	2 „	24 „
10	„ Stahl	à	136 „	—	13 „	60 „
137	„ Blech	à	50 „	—	68 „	50 „
1308	Kilogr. diverses Eisen				496 Francs	94 Cent.

Man erhielt davon:

180 Kilogr. weiter zu benutzenden Abfall		
100 Kilogr. à 15 Francs		27 Francs — Cent.
128 „ Verlust und Abbrand		
1000 Kilogr. verschmiedetes Eisen		469 Francs 94 Cent.
Brennmaterial:		
73 Hectolitres Holzkohle à 60 Cent.	43 Fr. 80 Ct.	311 Francs 2 Cent.
Transport derselben zur Werkstatt à 0,06 Fr.	4 „ 40 „	
Verschiedene Materialien	2 „ 17 „	
Reparatur	— „ 65 „	
Arbeitslöhne	260 „ — „	
	Summa der Kosten	780 Francs 96 Cent.

Aus diesen Angaben folgt:

1) Der Durchschnittspreis des fertig geschmiedeten Eisens beträgt pro Kilogramm 78 Centimes (pro Zollpfund etwa 39 Pfennige).

2) Der Arbeitslohn betrug pro Kilogramm verschmiedetes Eisen 26 Centimes (pro Zollpfund etwa 13 Pfennige).

3) Der Verbrauch an Brennmaterial und Nebenkosten stellt sich für 1 Kilogramm verschmiedetes Eisen auf etwa 5 Centimes (pro Zollpfund auf 2 $1/2$ Pfennige).

4) Rechnet man den Hectoliter Holzkohlen im Gewicht zu 20 Kilogrammes, so beträgt der Verbrauch an Holzkohlen für 100 Kilogrammes verschmiedeten Eisens 1460 Kilogrammes Holzkohlen oder pro 100 Pfund Eisen 146 Pfund Holzkohlen.

5) Der Gesammt-Abfall betrug 308 Kilogrammes (also fast $1/3$ des geschmiedeten Eisens), so daß man auf 100 Pfund gefertigter Schmiedearbeit etwa 131 Pfund Schmiedeeisen zu rechnen hätte. Freilich sind hiervon 18 Pfund noch wieder zu verwenden.

Gewöhnlich pflegt man den Verlust an Abbrand nur etwa auf 6 bis 10 Procent der gelieferten Schmiedearbeit zu veranschlagen, doch kann derselbe, wenn viele Hitzen und viele Schweißungen gemacht werden, auch wohl bis auf 20 Procent steigen. (In dem obigen Beispiel beträgt er etwa 13 Procent.)

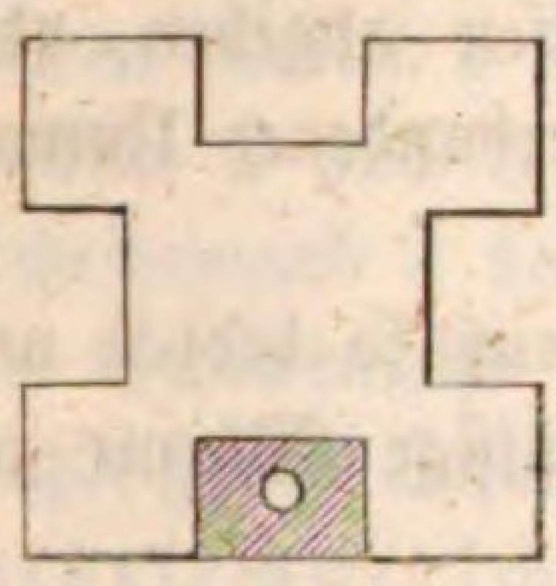
§. 59.

Zuführung der Luft zu den Schmiedefeuern. — Schmiedeblasbalg.

Die zum Verbrennen des Brennmaterials in Schmiedefeuern erforderliche Luftmenge wird durch ein Gebläse geliefert; sie gelangt durch eine Röhre, welche in der Brandmauer der Esse liegt, in das Feuer. Diese Röhre heißt die Form, Schmiedeform, das Esseeisen.

Die Form ist entweder von Gußeisen oder von Kupfer, selten von Schmiedeeisen, sie hat gewöhnlich eine kreisförmige Oeffnung, zuweilen ist jedoch die Oeffnung der Form auch halbkreisförmig; man will hierdurch eine bessere

(7)



Vertheilung des Windes herbeiführen. Da, wo die Form liegt, ist die Brandmauer mit einer größeren Oeffnung durchbrochen, welche man von der Essenseite durch eine viereckige Platte schließt. Diese Platte hat an den vier Seiten Ausschnitte (siehe den nebenstehenden Holzschnitt), durch deren untern die Form hindurchreicht; ist die Platte an dieser Stelle ausgebrannt, so dreht man sie um 90 Grad herum, und benutzt den folgenden Ausschnitt, und so fort.

Die Oeffnung der Form, durch welche der Wind einbläst, hat bei kleinen Feuern etwa einen halben, bei größern 3/4 Zoll, 1 Zoll, 1 1/4 Zoll, bei den größten Feuern nicht über 1 1/2 Zoll Durchmesser; wenn der Querschnitt halbkreisförmig ist, so muß man in entsprechender Weise den Durchmesser vergrößern. Zuweilen neigt man die Form ein wenig gegen die Sohle der Feuergrube (Stechen der Form), um die Hitze mehr nach den untern Theilen des Kohlenhaufens zu concentriren. Wenn man lange Stellen der Eisenstangen zu erhitzen hat, bringt man auch wohl mehrere Formen neben einander in dem Schmiedefeuer an, und wenn man auf sehr starke Stücke Hitze machen will, so legt man auch wohl zwei Formen einander gegenüber.

Man hat sich sehr viel damit beschäftigt die Schmiedefeuer mit erwärmter Luft zu speisen. Zu diesem Zwecke bringt man statt der einfachen Platte, mit welcher die Oeffnung in der Brandmauer verdeckt ist, einen Kasten oder ein Gehäuse an, in welchem die Luft durch verschiedene Kanäle cirkuliren muß, bevor sie durch die Form nach dem Schmiedefeuer einen Ausweg findet; auch hat man anstatt dieser mit Abtheilungen versehenen Kasten Röhrensysteme angewendet. Die Luft soll hierbei von der Hitze des Schmiedefeuers erwärmt werden. Die Vortheile dieser Einrichtung hat man vorzugsweise gesucht:

1) in einer Ersparung von Kohlen;
2) in einer Ersparung von Zeit, indem man bei einer Erhitzung der Luft auf 100 bis 316 Grad C. schnellere Hitzen erlangen konnte, als bei kalter Luft;
3) in reineren Hitzen, indem sich bei Anwendung der heißen Luft weniger Schlacken bilden sollen, und
4) in einer Verminderung des Verlustes durch Abbrand.

Alle diese Vortheile, welche man durch Windheizungs-Apparate zu erzielen geglaubt hat, sind mehr oder weniger problematisch. Versuche, die man angestellt hat, haben nicht immer zu Gunsten der erhitzten Luft entschieden, und man findet gegenwärtig, selbst in sehr großen und mit Intelligenz geleiteten Werkstätten, die Windheizungs-Apparate fast gar nicht in Anwendung, und wo man sie eingeführt hatte, sind sie zum großen Theil wieder aufgegeben. Der Grund davon mag in Folgendem liegen:

1) Die Vortheile der Apparate sind nicht so erheblich, als man sie geschildert hat.
2) Die Apparate selbst erfordern vielfache Reparaturen. Die heiße Luft trägt zu ihrer Zerstörung wesentlich bei, und man findet es gegenwärtig gerade im Gegentheil viel vortheilhafter, die Form von Außen hin abzukühlen, als sie zu erwärmen. (Siehe §. 36, S. 343.)

3) Die Wärme, welche das Schmiedefeuer der Luft durch Vermittelung des Heizapparates mittheilt, kann dasselbe nicht an das Eisen abgeben, oder vielmehr die Erwärmung der Luft ist ein mit Verluste verbundener Umweg zur Erhitzung des Eisens, und endlich

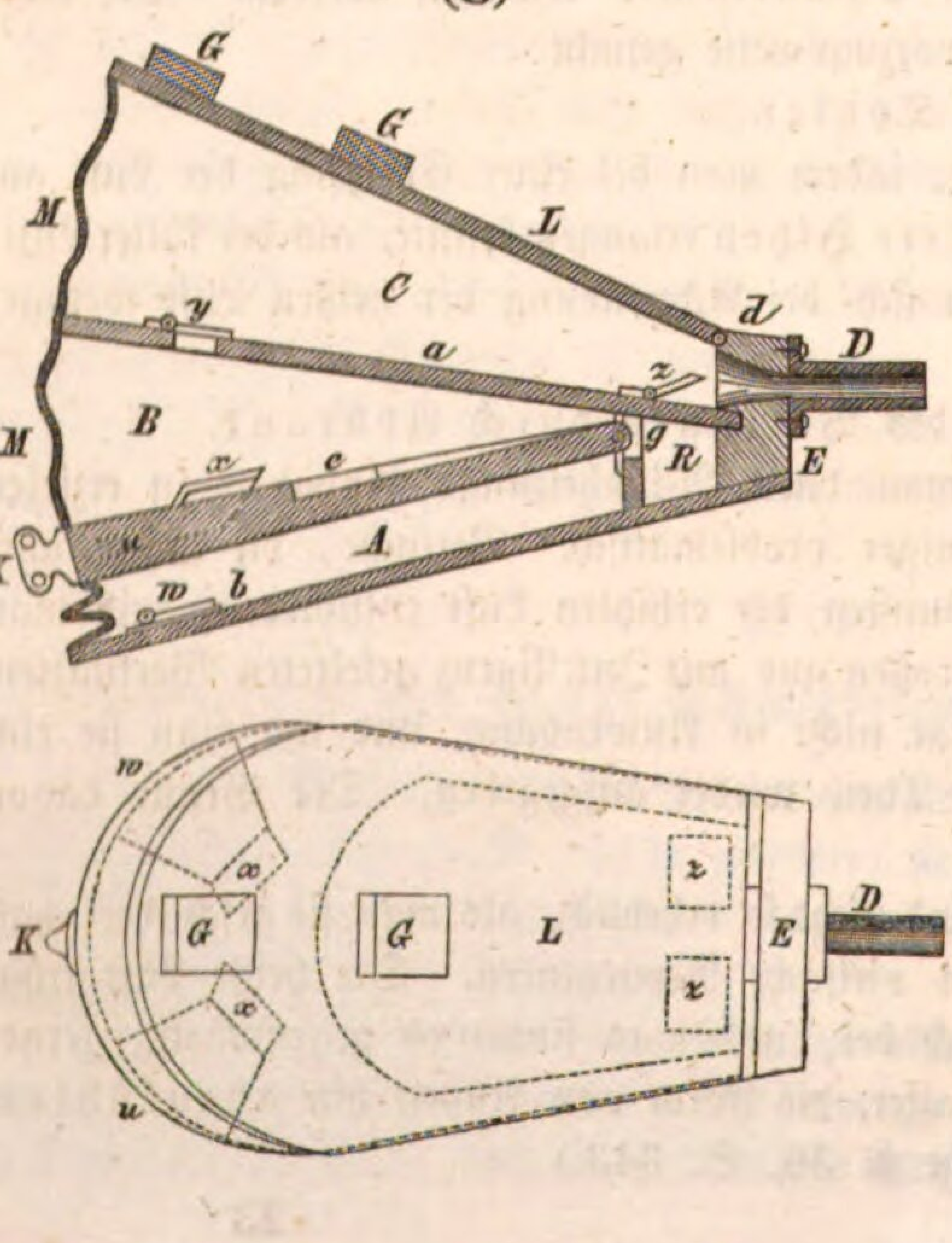
4) Ein gut construirtes und gut geleitetes Schmiedefeuer muß so bedeckt und geschlossen erhalten werden, daß überhaupt keine überflüssige Wärme zur Erhitzung der Luft abgegeben werden kann.

Die Gebläse zur Erzeugung des erforderlichen Luftstromes, welche für Schmiedefeuer üblich sind, bestehen für kleinere und isolirte Feuer, sowie für transportable Schmiedefeuer in Blasebälgen. Wo man größere Schmiedewerkstätten hat, und wo sich nur irgend eine mechanische Kraft verwenden läßt, wendet man gegenwärtig Ventilatoren als Gebläse an, welche den Wind für mehrere Schmiedefeuer zugleich liefern. Selten sind für diesen Zweck Kasten- und Cylindergebläse. Da diese ebengenannten Gebläsemaschinen außer bei den Schmiedefeuern auch sonst noch Anwendung in den Maschinenfabriken finden, so wollen wir sie bei dieser Gelegenheit etwas umständlicher behandeln.

Die Schmiedeblasebälge bestehen aus Kasten mit Holzdeckeln, welche drei in Falten gelegte Seitenwände haben. Wir haben bereits in §. 57, S. 347 bei Gelegenheit der transportablen Schmiedefeuer einen sehr hübsch und compendiös construirten Blasebalg von Enfer in Paris beschrieben, und verweisen hier darauf.

Der gewöhnliche Schmiedeblasebalg ist ein sogenannter dreifacher Blasebalg, insofern man den obern Theil desselben, welcher als Windreservoir und Regulator dient, in seiner Construction den eigentlichen Balgen aber ähnlich ist, mit als Balg zählt.

(8)



Der nebenstehende Holzschnitt stellt einen gewöhnlichen Schmiedeblasbalg dar, und zwar einen Vertikalschnitt und eine obere Ansicht. Der Kopf des Blasebalgs E enthält die Düsenöffnung, welche sich nach dem Innern des Windreservoirs C erweitert und außen in die Düse D übergeht.

An dem Kopfe E sind die beiden hölzernen Deckel a und b unbeweglich befestigt; zwischen denselben ist die Scheidewand c um ein Scharnier g drehbar, und über beiden Deckeln ist die obere Platte L des Reservoirs um das Scharnier d an dem Kopfe E beweglich. Die Verbindung zwischen der Platte L und dem obern Deckel a, zwischen diesem

und der beweglichen Scheidewand c, und endlich zwischen letzterer und dem untern Deckel b ist durch starkes Leder M M hergestellt. In den beiden festen Deckeln a und b befinden sich die Klappeventile w und y; ebenso sind in der Scheidewand c bei x Ventile und auch in dem Deckel bei z z dergleichen. An der Scheidewand ist bei k ein Beschlag, an welchen der Mechanismus zur Bewegung der Scheidewand c angreift; diese Scheidewand wird gewöhnlich mittelst Hebel-Vorrichtung bewegt, beim Heraufbewegen der Scheidewand c wird die in dem Balg B befindliche Luft durch das geöffnete Ventil y in das Reservoir gedrückt, dagegen saugt der untere Balg A durch das Ventil w Luft ein und wird gefüllt; beim Niedergange der Scheidewand c wird die Luft aus dem Balg A zunächst in die Abtheilung B und aus dieser in das Reservoir C gepreßt, und der obere Balg B füllt sich durch die seitwärts ausmündenden Ventile x x mit Luft. Hiernach wird sowohl beim Aufgange als beim Niedergange der Scheidewand c Luft in das Reservoir C getrieben, aus welchem dieselbe durch die Düse D nach dem Feuer hin entweicht. Um den Druck und folglich auch die Compression der Luft, sowie die Ausströmungs-Geschwindigkeit zu reguliren, belastet man die obere Platte des Reservoirs mit Gewichten G G, durch welche dieselbe niedergedrückt wird, und so auch während des Hubwechsels der Balge, und selbst, wenn die Bewegung der Bälge schon aufgehört hat, während einer gewissen Zeit noch Luft in das Feuer bläst.

Dieser letztere Umstand würde unnützen Aufwand an Kohlen herbeiführen, wenn man nicht schon einige Zeit, bevor das Eisen aus dem Feuer genommen wird, mit der Bewegung der Blasbälge aufhören wollte. Dies ist jedoch aus mancherlei Gründen nicht immer ausführbar, und man hat daher an den Blasebalg Vorrichtungen angebracht, um zu geeigneter Zeit den Luftstrom zu unterbrechen. Diese Vorrichtungen bestehen entweder in Abschlußhähnen in der Windleitung, oder auch in Einrichtungen zum Aushängen der regulirenden Gewichte G G des Luftreservoirs.

Wenn man nämlich diese Gewichte außer Wirksamkeit setzt, so hört der Ueberdruck auf die Luft in dem Reservoir auf, und eine fernere Ausströmung kann nicht stattfinden.

§. 60.

Berechnung und Verzeichnung der Ventilatoren.

Die Ventilatoren, deren man sich zum Betriebe der Schmiedefeuer und der Kupolöfen in Maschinenfabriken bedient, bestehen aus einer Welle mit Flügeln, welche sich in einem Gehäuse schnell umdreht.

Das Gehäuse ist da, wo die Axe der Flügel hindurch geht, an beiden Seiten geöffnet, und durch diese Oeffnung wird die Luft nachgesogen, indem die in dem Gehäuse der Flügel befindliche Luft durch die Centrifugalkraft nach der äußern Peripherie hingetrieben wird, und hier aus einer tangential angebrachten Oeffnung nach der Windleitung hin entweicht.

Die Flügel sind entweder ebene Blechtafeln, oder sie bilden Kurven; im ersten Falle sind sie entweder radial, oder gegen den Radius geneigt.

Bei einem gegebenen Ventilator steht der Druck der Luft in der Windleitung und die Menge der gelieferten Luft in einem bestimmten abhängigen Verhältnisse zur Geschwindigkeit der Flügel und zu dem Querschnitt der sämmtlichen Ausströmungsöffnungen, indessen ist dies Verhältniß keinesweges ein so einfaches, daß es sich durch directe Betrachtungen finden ließe, die Theorie der Ventilatoren ist in dieser Beziehung außerordentlich unsicher, und man ist fast bei jeder Abweichung von einer bereits gegebenen Construction und von bereits ausgeführten Verhältnissen gezwungen, die Einflüsse dieser Abweichungen durch directe Versuche zu ermitteln, wenn man einigermaßen sicher gehen will.

Im Allgemeinen besteht die Wirkung der Ventilatoren darin, einer bestimmten Luftmenge mittelst der Flügel eine rotirende Bewegung zu ertheilen, in Folge derer sämmtliche Lufttheilchen der Wirkung der Centrifugalkraft unterworfen werden, sich nach der äußersten Peripherie hindrängen, und hier einen Druck auf die Umhüllung ausüben. Da wo die Umhüllung sich nach der Windleitung hin öffnet, strömt die Luft in Folge dieses Druckes ab. Dieser Druck nun und namentlich derjenige Theil desselben, welchen die Luft bei ihrem Eintritt in die Windleitung noch behält, sind diejenigen Werthe, welche nicht allein mit der Geschwindigkeit der Flügel, sondern auch mit ihrer Form und ihrer Lage in Bezug zur Austrittsöffnung und zur Umhüllung sich ändern; und hierin liegt der Grund, weshalb man, wegen der vielen veränderlichen Werthe, selbst durch complicirte theoretische Untersuchungen nur mangelhafte Resultate erlangt. Wir wollen daher hier von dergleichen theoretischen Untersuchungen Abstand nehmen, und uns mit einigen Erfahrungsresultaten über die Ventilatoren beschäftigen.

Die Werthe, welche für die Construction eines Ventilators maaßgebend sind, sind vorzugsweise folgende:

1) Der Druck der Luft im Ventilator. Man pflegt denselben durch ein Manometer zu messen, und ihn entweder in Zollen Quecksilbersäule, oder in Zollen Wassersäule anzugeben. 29 preuß. Zolle (76 Millimetres) Quecksilbersäule oder 394 Zolle (10336 Millimetres) Wassersäule entsprechen dem Druck einer Atmosphäre.

2) Die Größe der Ausflußöffnung der Luft.

3) Die Luftmenge, dem Volumen nach, gemessen bei einer bestimmten Temperatur und unter einem bestimmten Druck.

4) Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Peripherie der Flügel bewegt.

Aus mehrfachen Versuchsreihen, welche über die Leistungen von Ventilatoren vorliegen, leiten wir folgende Beziehungen ab:

Es bezeichne:

P die Gewichtsmenge der in einer Secunde geförderten Luft in Zollpfunden;

F den Flächeninhalt der sämmtlichen Ausflußöffnungen in preuß. Quadratzollen;

h den Ueberdruck der Luft über den Atmosphärendruck in Zollen Quecksilbersäule,

so ist:

1) $P = 0{,}0225\,F\sqrt{h\,(29 + h)}$.

Bezeichnet Q_1 das Volum in Kubikfußen, welches P Zollpfunde Luft unter dem Druck einer Atmosphäre und bei einer Temperatur von 0 Grad einnehmen, so hat man, wenn das spezifische Gewicht der Luft gegen dasjenige des Wassers gleich $\frac{1}{771{,}74}$ genommen wird, das pro Secunde geförderte Luftquantum

$$Q_1 = 12{,}49\ P$$

$$Q_1 = 0{,}28\ F\,.\sqrt{h\,(29 + h)}. \quad \ldots\ldots \quad (A)$$

Bezeichnet ferner Q das Volum in Kubikfußen derselben Gewichtsmenge Luft unter einem Druck von H Zollen Quecksilbersäule über den Atmosphären-Druck und bei einer Temperatur von t Grad Celsius, so ist:

$$\left.\begin{aligned} Q &= Q_1\,(1 + 0{,}00367\,t)\,\frac{29}{29 + H} \\ Q_1 &= Q\,\frac{29 + H}{(1 + 0{,}00367\,t)\,29} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (B)$$

2) Eine andere Beziehung, die wir aus jenen Versuchen ableiten, ist:

$$Q_1 = 0{,}0028\ F\,.\,n\,.\,R \quad \ldots\ldots \quad (C)$$

worin

Q_1 wie oben das Volum in preuß. Kubikfußen der von dem Ventilator in einer Secunde gelieferten Luftmenge;

n die Zahl der Umdrehungen der Flügelwelle in einer Secunde;

R den Halbmesser der äußeren Peripherie der Ventilatorflügel in Zollen;

F den Flächeninhalt sämmtlicher Ausflußöffnungen in Quadratzollen bezeichnet.

Setzen wir die Werthe der Gleichungen A und C einander gleich, so folgt:

$$0{,}28\ F\,.\sqrt{h\,(29 + h)} = 0{,}0028\ F\,.\,n\,.\,R$$

und daraus

$$h = -14{,}5 + \sqrt{210{,}25 + 0{,}0001\,n^2\,R^2}. \quad \ldots\ldots \quad (D)$$

Bezeichnet V die Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel in Fußen, so ist noch

$$\left.\begin{aligned} n\,R &= 1{,}91\ V;\ n^2\,R^2 = 3{,}6481\ V^2 \\ V &= 0{,}5236\ n\,R;\ V^2 = 0{,}2740\ n^2\,R^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (E)$$

Aus Gleichung A folgt:

$$F = \frac{3{,}57\ Q_1}{\sqrt{h\,(29 + h)}} \quad \ldots\ldots \quad (F)$$

und aus Gleichung C folgt, mit Benutzung von Gleichung F und E

$$\left.\begin{aligned} n\,R &= \frac{357\ Q_1}{F} = 100\sqrt{h\,(29 + h)} \\ V &= 52{,}36\sqrt{h\,(29 + h)} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (G)$$

Wenn wir nun unter v die mittlere Ausströmungs-Geschwindigkeit der Luft in Fußen pro Secunde verstehen, so können wir im Allgemeinen setzen:

$$Q_1 = \frac{F}{144} \cdot v;\ v = \frac{144\ Q_1}{F}$$

und nach Gleichung A

$$\text{(H)} \quad v = 40{,}32\ \sqrt{h\ (29 + h)}.$$

Vergleichen wir diesen Werth mit der Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel, so ist das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit der ausströmenden Luft (bei 0 Grad unter dem Atmosphärendruck, und ohne Berücksichtigung der Contraktion gemessen) zu der Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel

$$\frac{v}{V} = \frac{40{,}32}{52{,}36} = \frac{10}{13} = 0{,}77$$

$$\text{(I)} \quad v = 0{,}77\ V;\ V = 1{,}3\ v.$$

Aus diesen Gleichungen und aus sonstigen Beobachtungen an Ventilatoren folgen nachstehende Resultate:

1) Die von dem Ventilator geförderte Luftmenge ist bei gegebenem Querschnitt der Ausflußöffnungen proportionel der Peripherie-Geschwindigkeit der Ventilatorflügel, oder dem Produkt aus der Anzahl der Umdrehungen der Flügel in einer gegebenen Zeit in den Halbmesser der Flügel. (Gl. C und E.)

2) Die von dem Ventilator geförderte Luftmenge ist bei gegebener Umdrehungs-Geschwindigkeit der Flügel proportional dem Querschnitt der Ausflußöffnungen. (Gl. A und C.)

3) Der Druck der Luft im Ventilator ist abhängig von der Geschwindigkeit der Flügel, und beinahe dem Quadrat des Produktes aus der Umdrehungszahl in den Halbmesser der Flügel proportional, so lange dieses Produkt innerhalb der bei Ventilatoren vorkommenden Werthe bleibt.*)

4) Die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft ausströmt, ist proportional der Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel.

5) Die Größe der Flügelfläche ist von keinem sehr erheblichen Einfluß auf die Luftmenge, welche der Ventilator liefert, so lange der Flächeninhalt der Fläche eines Flügels nicht kleiner als das 6fache des Querschnitts sämmtlicher Ausflußöffnungen, und nicht größer als das 10fache dieses Querschnittes ist.

6) Die Einflußöffnungen an den Seiten der Ventilatortrommel sollen

---

*) Z. B. für R = 10 Zoll und n = 10 (Gl. D) ist h = 0,0344 Zoll
„ R = 10 „ „ n = 20 „ „ h = 0,1373 „
„ R = 15 „ „ n = 20 „ „ h = 0,3077 „

Er verhält sich also:

$$R\,n = \begin{cases} 100 : 200 : 300 \quad 400 \quad 500 \\ 1 : 2 : 3 \quad 4 \quad 5 \end{cases}$$

$$R^2\,n^2 = 1 : 4 : 9 \quad 16 \quad 25$$

$$h \begin{cases} = 0{,}0344 : 0{,}1373 : 0{,}3077 \quad 0{,}5414 \quad 8{,}8521 \\ = 1 : 4 : 8{,}95 \quad 15{,}72 \quad 24{,}77 \end{cases}$$

jede mindestens den Querschnitt einer Flügelfläche haben; dabei aber nicht über ein Drittel von dem Durchmesser der Flügel bekommen.

7) Die Mantelfläche der Ventilatortrommel kann entweder concentrisch sein mit der Peripherie der Fläche, oder man macht dieselbe größer und setzt sie etwas excentrisch. Diese letzte Anordnung ist mehr zu empfehlen, da hierdurch die auf dem Umkreise ausgeworfene Luft Platz hat, sich der Ausflußöffnung zuzubewegen.

8) Der Querschnitt der Windleitung vom Ventilator nach den Ausflußöffnungen soll mindestens das Vierfache von dem Querschnitt sämmtlicher Ausflußöffnungen, denen dieselbe den Wind zuführt, betragen.

9) Die zur Bewegung des Ventilators erforderliche Arbeit ist abhängig von dem Gewichte der in einer Secunde ausgetriebenen Luftmenge, und von der Geschwindigkeit, mit welcher dieselbe ausgeworfen wird. Dieselbe drückt sich nach einem bekannten mechanischen Gesetz aus durch:

$$N = \tfrac{1}{2}\,\frac{P}{g}\cdot\frac{v^2}{\beta}\cdot\frac{1}{480} = \frac{P\,.\,v^2}{2\,.\,31{,}25\,.\,480}\cdot\frac{1}{\beta}$$

wenn

N die Anzahl der erforderlichen Pferdekräfte (1 Pferdekraft, gleich 480 Zollpfund, einen Fuß bewegt in der Secunde),
P das Gewicht der ausgeworfenen Luftmenge,
v die Geschwindigkeit derselben in Fußen,
g die Beschleunigung der Schwere, sämmtliche Werthe auf die Secunde bezogen,
β den Nutzeffekt des Ventilators bezeichnet.

Setzt man in den Werth für N anstatt P nach den obigen Entwickelungen

$$P = \frac{Q_1}{12{,}49};\ Q_1 = \frac{F\,.\,v}{144};\ v = \frac{10}{13}\,V$$

so erhält man nach Ausrechnung der Zahlenwerthe

$$N = \frac{0{,}00794}{1\,000\,000}\cdot\frac{1}{\beta}\,F\,.\,V^3.$$

Der Nutzeffekt der Ventilatoren ist oft nur 20 bis 30 Procent, rechnen wir durchschnittlich 26½ Procent, so ist $\beta = 0{,}265$ und es ergibt sich $N = \dfrac{0{,}0318\,F\,.\,V^3}{1\,000\,000}$ Pferdekraft, worin F den Querschnitt sämmtlicher Ausflußöffnungen in Quadratzollen, V die Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel in Fußen bezeichnet, oder $N = \dfrac{0{,}00457\,.\,F\,.\,(n\,R)^3}{1\,000\,000}$ Pferdekräfte,
worin n die Anzahl der Umdrehungen in einer Secunde und R den Halbmesser der äußern Peripherie der Flügel in Zollen bezeichnet.

Nach diesen Darstellungen ist bei einem Ventilator sowohl das gelieferte Luftquantum als auch die zur Bewegung erforderliche Arbeit proportional dem Querschnitt der Ausflußöffnung, wenn die Geschwindigkeit der Flügel gegeben ist; der Druck der Luft im Ventilator aber ist allein abhängig von dieser Geschwindigkeit.

Wir können daher das Luftquantum und die Arbeit für jeden Quadratzoll

des Flächeninhaltes der Ausflußöffnung bestimmen und haben die Hauptwerthe in einer Tabelle zusammengestellt, welche nach folgenden Formeln berechnet ist.

Spalte 1) n R Produkt aus der Umdrehungszahl der Flügel pro Secunde in den Halbmesser der Flügel (in preuß. Zollen).

Spalte 2) $V = 0{,}5236\ n\ R$ zugehörige Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel.

Spalte 3) $v = 0{,}77\ V$ Ausströmungs-Geschwindigkeit des Windes bei 0 Grad, 1 Atmosphäre Druck und ohne Contraktion.

Spalte 4) $h = -14{,}5 + \sqrt{210{,}25 + 0{,}0001\ n^2 R^2}$ Druck des Windes im Ventilator über den äußern Luftdruck, in Zollen Quecksilbersäule.

Spalte 5) $h^1 = 13{,}6\ h$ desgleichen in Zollen Wassersäule.

Spalte 6) $Q_1 = 0{,}0028\ n\ R$ Luftmenge in Kubikfußen pro Secunde, bei 0 Grad Temperatur und unter dem Druck der Atmosphäre gemessen, welche durch jeden Quadratzoll Querschnitt der Ausflußöffnung ausströmt.

Spalte 7) $N = \frac{0{,}00457\ (n\ R)^3}{1\,000\,000}$ Arbeit in Pferdekräften, welche der Ventilator für jeden Quadratzoll Querschnitt der Ausflußöffnung erfordert, wenn man einen Nutzeffekt von 0,265 voraussetzt.

Tabelle

über die bei Ventilatoren vorkommenden Beziehungen, für eine Ausflußöffnung von 1 preuß. Quadratzoll Querschnitt berechnet.

1 n R	2 $V = 0{,}5236\,nR$	3 $v = 0{,}77\,V$	4 $h = -14{,}5 + \sqrt{210{,}25 + 0{,}0001\,n^2R^2}$	5 $h^1 = 13{,}6\,h$	6 $Q_1 = 0{,}0028\,nR$	7 $N = \frac{0{,}00457(nR)^3}{1\,000\,000}$
100	52,36	40,317	0,0344	0,467	0,28	0,00457
150	78,54	60,476	0,0773	1,051	0,42	0,01542
200	104,72	80,634	0,1373	1,867	0,56	0,03656
250	130,90	100,793	0,2140	2,910	0,70	0,07141
300	157,08	120,951	0,3077	4,185	0,84	0,12339
350	183,26	141,110	0,4165	5,665	0,98	0,19593
400	209,44	161,269	0,5414	7,361	1,12	0,29248
450	235,62	181,427	0,6821	9,276	1,26	0,41645
500	261,80	201,586	0,8521	11,588	1,40	0,57025

Diese Tabelle giebt alle Elemente zur Berechnung eines Ventilators. Es sei z. B. ein Ventilator für 20 Schmiedefeuer zu construiren, wenn in jedem Feuer stündlich etwa 10 Pfund Steinkohlen verbrannt werden, und die Düsenöffnung in jedem Feuer 1 Zoll Durchmesser hat.

Um 1 Pfund Steinkohlen zu verbrennen, bedarf es etwa 274 Kubikfuß Luft von 0 Grad und von einer Atmosphäre Spannung. Jedes Schmiedefeuer bedarf also in einer Secunde $\frac{274\,.\,10}{60\,.\,60}$ Kubikfuß Luft, und da der Durchmesser der

Oeffnung einen Zoll beträgt, so ist der Flächeninhalt derselben 0,7854 Quadratzoll; das Luftquantum für einen Quadratzoll Querschnitt ist also $\frac{274.10}{60.60.0{,}7854}$ = 0,969 Kubikfuß. Rechnen wir dafür 0,98 Kubikfuß, so ergiebt sich, wenn wir in Spalte 6 diesen Werth aufsuchen:

$$n R = 350;\ V = 183{,}26;\ v = 141{,}11$$
$$h = 0{,}4165;\ h^1 = 5{,}665;\ N = 0{,}196.$$

Da nun 20 . 0,7854 Quadratzoll Gesammtöffnung ist, so hat man zum Betrieb des Ventilators nöthig 0,196 . 20 . 0,7854 = 0,196 . 15,708 oder 3 Pferdekräfte.

Der Flächen-Inhalt der Flügel sowohl, als jede Einströmungsöffnung beträgt nach Nr. 6 (siehe oben S. 358) im Durchschnitt das 8fache von dem Querschnitt sämmtlicher Einströmungsöffnungen, also 20 . 0,7854 . 8 = 125,664 Quadratzoll. Es ist also der Durchmesser jeder Einströmungsöffnung 12,649 Zoll, oder in runder Zahl 13 Zoll zu machen; und da dieser Durchmesser höchstens $\frac{1}{3}$ von dem Durchmesser der Flügel sein soll, so muß letzterer mindestens 39 Zoll, der Halbmesser also 19$\frac{1}{2}$ Zoll betragen. Nun ist n R = 350 gefunden, es ergiebt sich also die Anzahl der Umdrehungen $n = \frac{350}{19{,}5}$ = 17,94 in der Secunde oder 1076,4 oder in runder Zahl 1080 in der Minute. Zieht man vom Halbmesser der Flügel den Halbmesser der Einströmungsöffnung ab, so bleibt für die Länge der Flügelfläche 19,5 — 6,5 = 13 Zoll, und da der Flächeninhalt der Flügel 125,664 Quadratzoll betragen soll, so hat man für die Breite der Flügel $\frac{125{,}664}{13}$ = 9$\frac{2}{3}$ Zoll, oder in runder Zahl 10 Zoll.

Der Flächeninhalt des Querschnitts der Windleitung beträgt das Vierfache von dem Querschnitt sämmtlicher Ausströmungsöffnungen (s. oben Nr. 8 S. 359) folglich 4 . 20 . 0,7854 Quadratzoll und daher der Durchmesser der Windleitung circa 9 Zoll. Die Einmündung des Ventilator-Gehäuses in die Windleitung hat denselben Querschnitt, also 4 . 20 . 0,7854 Quadratzoll, und da sie dieselbe Breite wie die Flügel hat, so beträgt die Höhe $\frac{4.20.0{,}7854}{10}$ = 6,2832, oder rund 6$\frac{1}{2}$ Zoll, nämlich die Hälfte von der Höhe der Flügelfläche.

Stellen wir die in dem eben behandelten Beispiele gefundenen Resultate zusammen, und es bezeichne F die Summe der Querschnitte sämmtlicher Ausflußöffnungen in Quadratzollen, so ist:

der Flächeninhalt der Einströmungsöffnung an jeder Seite des Ventilatorgehäuses . .	8 F
der Durchmesser derselben	$d = 3{,}2\sqrt{F} = \frac{2}{3} R$
der Halbmesser der Flügel	$R = 4{,}8\sqrt{F}$
der Flächeninhalt der Flügelfläche jedes Flügels	$ab = 8F$

die Höhe der Flügelfläche . . . . . . $a = \frac{2}{3} R = 3{,}2 \sqrt{F} = d$

die Breite der Flügelfläche . . . . . . $b = \frac{25}{32} a = 2{,}5 \sqrt{F} = 0{,}52 R$

der Querschnitt der Windleitung . . $a_1 b_1 = 4 F$

der Durchmesser der Windleitung . . $d_1 = 2{,}26 \sqrt{F} = 0{,}47 R$

die Breite der Eintrittsöffnung in der Windleitung . . . . $b_1 = b = 2{,}5 \sqrt{F} = 0{,}52 R$

die Höhe derselben . . . . $a_1 = \frac{16}{25} b_1 = 1{,}6 \sqrt{F} = \frac{1}{2} a = \frac{1}{3} R$

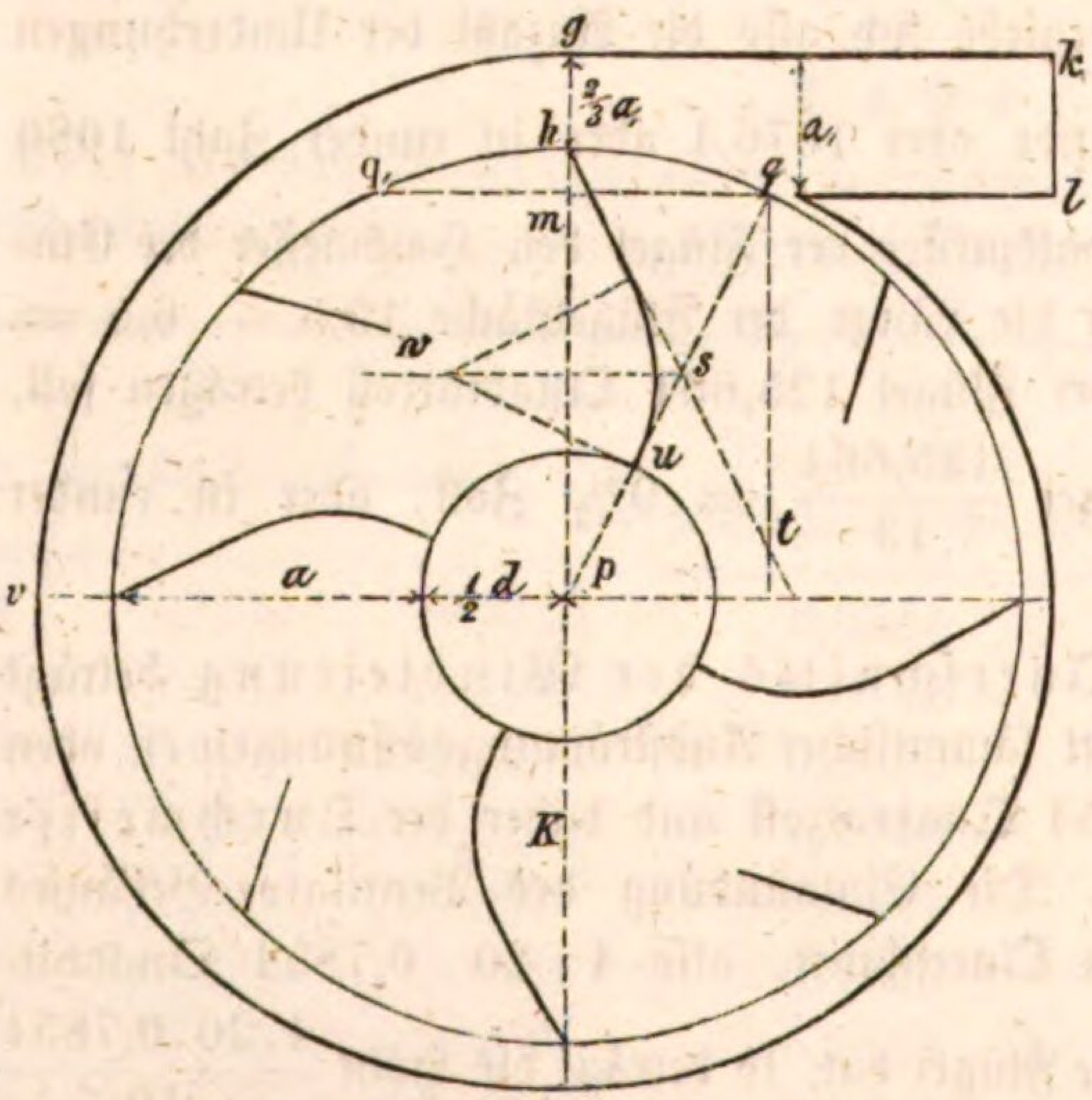
Endlich ist:

$$F = z f = 0{,}7854 \; z \, \delta^2$$

wenn f den Querschnitt, δ den Durchmesser jeder Austrittsöffnung und z die Anzahl derselben bezeichnet, vorausgesetzt, daß sämmtliche Austrittsöffnungen denselben Durchmesser haben.

Um nun den Ventilator zu construiren, beschreibe man mit R einen Kreis, mache $g m = a_1 = \frac{1}{3} R$, und zwar indem man $\frac{2}{3} a_1$ von h nach g und $\frac{1}{3} a_1$ von h nach m trägt; ziehe g k und l m normal zum Radius h p und lege durch den Punkt q, wo die Begrenzungslinie der Mündung der Windleitung q l die Peripherie des Flügelrades schneidet (oder vielmehr in einen geringen Spielraum von diesem Punkte), und durch den Punkt g den Mantel der Ventilatortrommel und zwar so, daß die Höhe g h von dem Punkte g an nach dem Punkte q hin, indem man auf dem Bogen g v q herumgeht, bei gleichen Bogenstücken sich um gleichviel vermindert, bis sie in q gleich dem nothwendigen kleinsten Spielraum (etwa $\frac{1}{2}$ Linie) wird. Mit dem Radius $\frac{1}{2} d = \frac{2}{3} R$ beschreibe man den Kreis, welcher die Einströmungsöffnung angiebt.

(9)



Die Richtung der Flügel kann radial gemacht werden. Da jedoch ein radialer Flügel, indem er den Weg von h nach q durchläuft, die Luft nicht gehörig in die Ausblaseöffnung hineintreibt, vielmehr dieselbe niederdrückt, so möchte es empfehlenswerth sein, die Flügel so zu stellen, daß sie erst in q, wo sie die Oeffnung verlassen, vormal zu derselben werden. Ziehen wir also q t normal zu q l, so würde der Winkel p q t die Neigung der Flügel gegen den Radius geben. An der innern Peripherie sind die Flügel passend radial zu stellen, und um sie auf angemessene Weise in diese Richtung überzuführen, möchte folgende Construction geeignet sein: Man ziehe die Radien p q

und p h; sodann q t normal zu q l, mache den Winkel p h t = p q t, halbire den Winkel p s h durch die Linien s w; ziehe u w in dem Punkte u normal zu p q. Der Durchschnittspunkt w dieser Normalen mit der Halbirungs-Linie s w ist Mittelpunkt der Abrundung der Flügel.

Wenn die Flügel gekrümmt oder geneigt sind, so ist unter dem Flächeninhalt der Flügelfläche (s. oben) der Flächeninhalt der Projektion der Flügel auf eine durch ihren äußern Endpunkt und durch die Drehungsaxe gelegte Ebene zu verstehen.

Die Anzahl der Flügel ist gewöhnlich 4, 6, auch 8. Wir würden empfehlen die Anzahl der Flügel so zu bestimmen, daß stets wenigstens ein Flügel vor der Ausblaseöffnung sich befindet, daß also der Abstand der Flügel kleiner sei, als die Sehne q q′. Dies wird bei den gewählten Verhältnissen stattfinden, wenn man 8 Flügel anordnet. Damit indessen durch die Flügel die innere Peripherie nicht zu sehr beengt werde, sind nur vier Flügel vollständig, die vier übrigen, dazwischen liegenden Flügel, haben nur die äußern, ebenen Elemente. Diese Anordnung läßt sich leicht durchführen, wenn man auf der Ventilatoraxe eine kreisförmige Scheibe von dem Durchmesser, welcher der äußern Peripherie entspricht, mittelst Nabe befestigt und die Flügel an dieser Scheibe befestigt, etwa so, daß die Scheibe in der Mitte ist, und die Flügel zu beiden Seiten vorstehen. Will man dagegen jeden Flügel, wie dies gewöhnlich geschieht, durch besondere Arme an der Welle befestigen, so thut man besser zur Vereinfachung der Construction weniger Flügel anzuordnen, diese eben zu machen, und sie radial zu stellen.

§. 61.

Verschiedene Constructionen von Ventilatoren.

Auf Tafel IV. sind verschiedene ausgeführte Ventilatoren dargestellt.

Fig. 4 auf Taf. IV. zeigt einen Ventilator mit ebenen und radialen Flügeln*) in $^1/_{24}$ der natürlichen Größe, und zwar zeigt Fig. 4ᵃ eine Ansicht von der Seite, Fig. 4ᵇ einen Schnitt normal zur Axe durch das Gehäuse mit der Ansicht des Flügelrades, und Fig. 4ᶜ einen Schnitt durch die Axe. Der hier gezeichnete Ventilator ist in den Werkstätten des Centralbahnhofes in Hannover in Anwendung, und liefert daselbst den Wind für vierzig Schmiedefeuer. Das Flügelrad hat 37 Zoll englisch im Durchmesser; die Breite der Flügel ist 17 Zoll und ihre radiale Dimension 12 Zoll englisch, der Querschnitt ist also 204 Quadratzoll englisch oder 192 Quadratzoll preußisch, und wenn man die Verhältnisse des vorigen Paragraphen festhält, so würde der Gesammtquerschnitt aller Ausströmungsöffnungen $^{192}/_8 = 24$ Quadratzoll betragen, folglich der Durchmesser der Düsen durchschnittlich 0,87 Zoll preußisch. Der Ventilator macht in der Minute 900 Umdrehungen, und da der Halbmesser $^{37}/_2 \cdot 0,971$ preuß. Zoll beträgt, so ist für eine Secunde $n R = 270$, folglich die Pressung des Windes

*) Handbuch der Gewerbekunde von Karmarsch und Heeren. II. Band. Prag 1856.

etwa 0,25 Quecksilbersäule oder 3,4 Zoll Wassersäule. (Die Angabe am angeführten Orte ist 6½ Zoll Wassersäule, und dürfte wohl zu hoch erscheinen). Die Eintrittsöffnungen in den Seitenwänden der Trommel sind elliptisch, 15 Zoll hoch und 14 Zoll breit. Die Flügel sind dadurch hergestellt, daß auf der Flügelwelle A eine kreisförmige Blechscheibe D befestigt ist, indem man an dieselbe zwei gußeiserne, als Nabe dienende Ringe angeschraubt hat; an der Scheibe D sind zu jeder Seite sechs radiale Flügel mittelst Eckeisen angenietet, E und F; und zwar so, daß die Flügel auf der einen Seite E gegen die Flügel auf der andern Seite F um 30 Grad versetzt sind. Der Mantel M der Ventilatortrommel erweitert sich nach der Ausblaseöffnung N, welche in die Windleitung L mündet. H ist die Eintrittsöffnung für die Luft, B die Riemscheibe zum Betriebe, C das mit Schmiervorrichtung und Kernspitzen versehene Lager.

Fig. 5 auf Taf. IV. stellt einen in neuerer Zeit vielfach in Gebrauch gekommenen Ventilator von Lloyd (Lloyd's fan) vor, und zwar ebenfalls in $^1/_{24}$ der natürlichen Größe. Es ist Fig. 5ᵃ ein Vertikalschnitt normal zur Axe, Fig. 5ᵇ ein Horizontalschnitt durch die Axe. R ist der äußere Mantel aus Gußeisen, in vier Theilen gegossen, von denen je zwei (nämlich die beiden obern und die beiden untern) dauernd zusammengeschraubt sind, während die horizontale Fuge durch lösbare Schrauben zusammengehalten wird, so daß hier leicht eine Trennung stattfinden kann. S S sind die Lager für die Flügelwelle und T die treibende Riemscheibe. Das Flügelrad ist hier eigenthümlich construirt und besteht aus einem rotirenden Gehäuse V, welches seitwärts geschlossen ist und sechs gebogene Arme hat, welche in einem Stück gegossen sind; an diese Arme sind sechs gebogene Flügel von Eisenblech angeschraubt, wie sie Fig. 6ᵃ zeigt, an deren beiden Seitenkanten die Blechscheiben V V, welche das Gehäuse seitwärts schließen, befestigt sind. Die Verhältnisse sind so gewählt, daß der Querschnitt sämmtlicher Austrittsöffnungen an der äußern Peripherie eben so groß ist, wie der Querschnitt der Eintrittsöffnungen an den beiden Seiten des Ventilators, und daß überhaupt sämmtliche Cylindermäntel von verschiedenem Durchmesser, welche man um die Axe gelegt denken kann, so daß sie das Flügelgehäuse schneiden, gleich große peripherische Durchgangsöffnungen für die Luft darbieten. X X sind Metallringe, welche die Eintrittsöffnungen des Gehäuses umfassen, und die sich in sehr geringem Abstande von ähnlichen gußeisernen Ringen vor den Seitenwänden der Ventilatortrommel bewegen, wodurch der Raum zwischen dem Flügelrande und dem Mantel der Ventilatortrommel von der äußern Luft fast ganz abgesperrt ist. Y ist die Ausblaseöffnung, Z Z sind die Füße, welche zur Befestigung der ganzen Maschine dienen.

Der Ventilator soll sich durch einen außerordentlich geräuschlosen Gang auszeichnen.

Taf. IV. Fig. 6 zeigt einen Ventilator aus der Fabrik von L. Schwarzkopf in Berlin, welcher in Berlin und im ganzen nördlichen Deutschland gegenwärtig eine sehr große Verbreitung und vielfache Anwendung gefunden hat,

da er sich durch Einfachheit, durch geräuschlosen Gang, durch Billigkeit und durch verhältnißmäßig bedeutende Compression der Luft auszeichnet.

Die Fig. 6^a, 6^b, 6^c sind in $1/8$ der natürlichen Größe gezeichnet. Fig. 6^a zeigt einen Vertikaldurchschnitt durch die Axe des Ventilators. Fig. 6^b eine Ansicht des Flügelrades f, wenn es aus dem Gehäuse herausgenommen und von der Seite der Riemscheibe r angesehen wird, und Fig. 6^c eine Ansicht der Hälfte d des Ventilatorgehäuses, wenn dieselbe von der andern Hälfte losgeschraubt und in der Richtung von der Riemscheibe r her angesehen wird.

Der ganze Ventilator ist aus Gußeisen construirt; es fallen daher alle Vernietungen fort, und die Construction wird außerordentlich einfach. Auf der Welle w sitzt das Flügelrad f. Die Welle läuft mittelst Zapfen, die nach der sogenannten Antifriktionscurve construirt sind, in Lagern, deren eines an dem Gerüst l unmittelbar befestigt ist, während das andere in der Mitte der Hälfte d des Ventilatorgehäuses angeordnet ist; jedes Lager hat hinter dem Zapfen eine Oelkammer; die Oelkammer des äußern Zapfens bietet für die Einbringung der Schmiere keine Schwierigkeit dar; diejenige des innern Zapfens dagegen ist mit einem Schmierrohr versehen, welches durch das Ventilatorgehäuse hindurch reicht und bei d in eine Schmierbüchse mündet.

Das Flügelrad f wird durch eine kegelartige Scheibe von Gußeisen gebildet, an welcher die Flügel radial und nur in den letzten Elementen gekrümmt angegossen sind (Fig. 6^b). Das Ventilatorgehäuse besteht aus zwei, in einer zur Drehaxe normalen Ebene zusammengeschraubten Hälften d und u. Die Hälfte u enthält die Einströmungsöffnung für die Luft, welche letztere bei o in das Ventilatorgehäuse eintritt, von den Flügeln ergriffen und nach der äußern Peripherie hingeworfen wird. Hier fließt sie über den Rand der Flügelradscheibe f ringsum über, und gelangt in die zweite Hälfte des Ventilatorgehäuses d, welche mit angegossenen Directionsschaufeln versehen ist (Fig. 6^c); von diesen wird die in rotirender Bewegung befindliche Luft aufgefangen, und nach der Mitte hin zur Ausflußöffnung C nach der Windleitung hingeführt.

Die Schwarzkopf'schen Ventilatoren pflegt man etwa in folgender Weise zu veranschlagen:

	Durchmesser des Flügelrades in Zollen.				
	10	20	30	36	48
Zahl der Umdrehungen pro Minute	3000 bis 4000	1600 bis 2000	1400 bis 1800	1400 bis 1800	1400 bis 1600
Kraftaufwand in Pferdekräften	3/4 bis 1	1 1/2 bis 2	3 bis 4	4 bis 6	6 bis 8
Bläst Schmiedefeuer . . .	4 bis 8	15 bis 25	25 bis 40	40 bis 60	70 bis 90
Kostet Thaler	55	130	220	275	390
Werth von n R (§. 60) . . .	250 bis 333 1/3	266 2/3 bis 333 1/3	350 bis 450	420 bis 540	560 bis 640
" " n	50 bis 66 2/3	26 2/3 bis 33 1/3	23 1/3 bis 30	23 1/3 bis 30	23 1/3 bis 26 2/3

Nach Versuchen, welche in der Fabrik von L. Schwarzkopf mit einem Ventilator von 30 Zoll Durchmesser angestellt wurden, ergaben sich in Bezug auf den erzeugten Luftdruck folgende Resultate:

Zahl der Umdrehungen in einer Secunde.	Druck der Luft in Zollen. Wassersäule.	n R	Nach den Formeln des vorigen §. berechneter Druck.	
			Quecksilbersäule.	Wassersäule.
n = 24	7 Zoll	360	0,44	5,98
n = 28	9 „	420	0,60	8,16
n = 32	11½ „	480	0,78	10,61
n = 36	14 „	540	0,98	13,33
n = 40	16 „	600	1,19	16,18
n = 44	19 „	660	1,43	19,47
n = 48	21 „	720	1,69	22,98

Die Resultate dieser Versuche ergaben bis zu 36 Umdrehungen in der Secunde einen etwas größern Werth, als die im vorigen Paragraphen für gewöhnliche Flügel-Ventilatoren aufgestellten Formeln, für mehr als 36 Umdrehungen einen etwas kleinern Werth als jene Formeln. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Wirkung der Schwarzkopf'schen Ventilatoren im Allgemeinen vortheilhafter ist, als die der gewöhnlichen und etwa einen um $1/10$ höheren Druck geben mag, als diese, daß aber bei den großen Umdrehungs-Geschwindigkeiten durch ein Gleiten des Riemens auf der Betriebsscheibe die wirkliche Zahl der Umdrehungen geringer gewesen sein möchte, als die beobachtete, welche man aus der Umdrehungszahl der Schwungradwelle der Dampfmaschine und aus dem Umsetzungs-Verhältniß bestimmte, wie denn überhaupt die hier genannten Versuche mehr den Charakter vorläufiger Prüfungen, als den scharfer Untersuchungen tragen.

Taf. IV. Fig. 7 ist ein einfacher Ventilator mit sechs ebenen Flügeln, welche gegen die Richtung des Halbmessers geneigt sind. Die Windleitung ist ein gemauerter Kanal, welcher hier einen verhältnißmäßig großen Querschnitt hat; die Flügel sind mittelst schmiedeeisernen Armen auf der Welle befestigt. Fig. 7^a ist ein Vertikalschnitt normal zur Axe, Fig. 7^b ein solcher durch die Axe, Fig. 7^c ein Horizontalschnitt. Die Figuren sind in $1/16$ der natürlichen Größe gezeichnet.

§. 62.

Glüh- und Schweißöfen für große Schmiedewerkstätten.

Sehr große Gegenstände, welche geschmiedet werden sollen, und welche gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung erwärmt werden müssen, lassen sich nicht wohl in einer Schmiedeesse vollkommen gleichmäßig erwärmen. Man bedient sich hierzu der Flammöfen, welche in ähnlicher Weise construirt sind, wie die als Schweißöfen in Eisenhüttenwerken benutzten Oefen.

Das Brennmaterial für diese Oefen (Glühöfen, Schweißöfen) ist gewöhnlich Steinkohle, welche auf einer Rostfeuerung verbrannt wird, während der erforderliche Luftzug durch einen Schornstein herbeigeführt wird. Die

Flamme schlägt über die zu erhitzenden Gegenstände fort, indem der Ofen mit einem niedrigen Gewölbe überspannt ist, durch welches sie geführt wird. Am Ende dieses Gewölbes entweicht die Flamme in den Schornstein entweder

1) durch eine Oeffnung in der Decke des Gewölbes oder
2) durch Oeffnungen in den Seitenwänden des Ofens oder
3) durch einen Fuchs, welcher die Fortsetzung des Gewölbes und des Herdes bildet, oder endlich
4) durch Oeffnungen in der Sohle des Herdes, indem die Flamme niedersteigt. Die beiden letztgenannten Anordnungen scheinen die besten zu sein, besonders die letzte, da man durch dieselbe die Flamme sehr gut über die ganze Breite des Herdes vertheilen kann.

In neuerer Zeit benutzt man sehr häufig die hohe Temperatur der aus dem Ofen entweichenden Flamme, um durch dieselbe noch Dampfkessel zu heizen, namentlich in Schmiedewerkstätten, in welchen man Dampfhämmer oder andere mechanische Hämmer in Betrieb zu setzen hat, oder wo man zu irgend welchem andern Zweck Dampfkraft braucht, welche nur, während der Ofen im Gange ist, benutzt werden soll.

Die Dampfkessel können die gewöhnliche Construction bekommen, nur fällt natürlich der Feuerraum fort und die Flamme tritt aus dem Ofen unmittelbar in den ersten Zug des Kessels ein. Zweckmäßig ist es hierbei stets, der Flamme noch einen Seitenweg zu geben, welcher ohne eine Cirkulation um den Kessel unmittelbar nach dem Schornstein führt, und welcher natürlich während des Betriebes des Kessels geschlossen ist, dagegen geöffnet wird, wenn man den Kessel außer Betrieb setzen will, während der Ofen im Gange ist. Die mit den Oefen verbundenen Kessel stehen entweder in der Fortsetzung des Ofens, oder neben dem Ofen, auch wohl über demselben. Häufig läßt man die Flamme zweier Oefen zum Betriebe eines gemeinschaftlichen Kessels dienen.

Die Dimensionen und Formen der Oefen richten sich nach den Gegenständen, welche darin erhitzt werden sollen. Für große Blechtafeln sind die Oefen im Innern fast quadratisch; für lange Schienen, z. B. Radreifen für Eisenbahnwagenräder, welche man warm biegen muß, sind die Oefen lang und schmal u. s. w. Der Form der zu erhitzenden Gegenstände entsprechend ist auch die Oeffnung zum Eintragen dieser Gegenstände, der Lage und Form nach angeordnet; diese Oeffnung befindet sich entweder auf einer der Langseiten des Ofens, oder an den der Feuerung gegenüberliegenden Enden.

Einige Beispiele ausgeführter Oefen werden das Gesagte am besten erläutern.

Taf. V. Fig. 1 zeigt in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe einen Glühofen aus der Werkstatt von F. Wöhlert in Berlin, welcher für die dortige (auf Blatt 7 gezeichnete) Dampfhammerschmiede in Anwendung ist. Fig. 1^a ist eine Vorderansicht, Fig. 1^b ein Längenschnitt. Fig. 1^c eine Ansicht von einem Ende und Fig. 1^d ein Querschnitt durch den Rost.

Der Feuerraum A des Ofens ist durch die Feuerbrücke B von dem Herde C geschieden; das Gewölbe E des Ofens verlängert sich nach hinten und geht in den Fuchs D über. Die Flamme wird durch den Fuchs nicht unmittelbar in

den Schornstein geführt, sondern wird in der genannten Fabrik noch verwendet, um einen stehenden Dampfkessel zu treiben, welcher den Dampf für einen Dampfhammer liefert.

Das Aufgeben des Brennmaterials geschieht durch den Trichter F, welcher stets mit Kohlen gefüllt erhalten wird, und aus welchem die Kohlen auf den Rost G gestoßen werden, so daß niemals ein kalter Luftstrom durch die Heizöffnung eintreten kann. Die Sohle des Herdes wird durch eine starke Gußeisenplatte gebildet, welche mit einem Ueberzug nach Art der Herdsohlen der Puddelöfen (s. §. 17, S. 84) versehen wird. Die Luft, welche dem Rost zuströmt, circulirt unter der Gußeisenplatte, und indem sie dieselbe abkühlt, erwärmt sie sich an der Platte, und gelangt so mit erhöhter Temperatur zur Verbrennung. Der Ofen ist an den beiden Langseiten und an der Stirnwand, in welcher sich die Heizöffnung befindet, mit gußeisernen Platten belegt, welche einzeln mit einander verschraubt und an den gegenüberliegenden Langseiten mittelst schmiedeeisernen Stangen gegenseitig verankert sind. Die Thür H, welche die Arbeitsöffnung verschließt, bewegt sich wie ein Schieber zwischen Falzen, die an den benachbarten Platten angebracht sind; ihr Gewicht ist übrigens mittelst eines Gegengewichtes K an dem Hebel J ausgeglichen, so daß sie sich leicht bewegen läßt. In der Thür H befindet sich ein kleiner Schieber L, welchen man öffnet, wenn man sich von dem Zustande des Eisens im Ofen überzeugen will.

Taf. V. Fig. 2 stellt in $\frac{1}{36}$ der natürlichen Größe einen Glühofen aus derselben Fabrik vor, welcher zum Erhitzen der Radbandagen für Eisenbahnwagenräder bestimmt ist. Fig. 2^a ist ein Längendurchschnitt, Fig. 2^b ein Horizontalschnitt, Fig. 2^c ein Querschnitt durch die Feuerung und Fig. 2^d eine Ansicht von dem, der Feuerung gegenüberliegenden Ende. Die Construction dieses Ofens unterscheidet sich von derjenigen des soeben beschriebenen Schweißofens wesentlich in der langen und schmalen Form des Grundrisses, ferner in der Art die Flamme abzuleiten und endlich in der Anordnung der Arbeitsöffnung.

Die Form des Grundrisses ist darauf berechnet, daß man Schienen zu Radbandagen bis zu 18 Fuß Länge und darüber in dem Ofen der ganzen Länge nach erhitzen kann. Damit hierbei die der Feuerbrücke zunächst liegenden Enden der Schienen, welche von der Flamme zuerst getroffen werden würden, und welche daher schneller und stärker glühend werden würden, als die entgegengesetzten Enden, nicht zu sehr leiden oder gar verbrennen, sind dieselben (bis auf eine Länge von 3′ 9″ von dem Rande der Feuerbrücke) durch ein schützendes Zwischengewölbe A geschirmt.

Die Abführung der Flamme erfolgt hier durch einen Spalt F, welcher in der Sohle des Herdes an dem der Feuerbrücke gegenüberliegenden Ende angebracht ist, und welcher die ganze Breite des Ofens einnimmt. Gleich vor diesem Spalt liegt die Arbeitsöffnung, welche mittelst einer eisernen, von Innen mit feuerfesten Steinen ausgefütterten Thür, die in ähnlicher Weise, wie in der vorigen Figur, durch einen Hebel mit Gegengewicht beweglich ist, geschlossen werden kann.

Taf. V. Fig. 3 zeigt einen Glühofen für Bleche in $1/_{40}$ der natürlichen Größe, und zwar ist Fig. 3ᵃ ein Längenschnitt und Fig. 3ᵇ ein Querschnitt durch den Arbeitsraum des Ofens. Auch hier liegt die Arbeitsöffnung der Feuerbrücke gegenüber; die Flamme entweicht ebenfalls unmittelbar vor der Arbeitsöffnung aus dem Ofen, aber nicht, wie in dem vorigen Beispiel, nach unten, sondern durch eine Oeffnung im Deckengewölbe in den unmittelbar über dem Ofen stehenden Schornstein. Das Beschicken des Rostes erfolgt durch einen Trichter, welcher in der Seitenwand, die in Fig. 3ᵃ fortgenommen gedacht ist, sich befindet. Die Sohle des Ofens besteht aus feuerfesten Steinen. Damit aber die Blechtafeln nicht flach auf der Herdsohle aufliegen, sondern sich, zur bessern Cirkulation der Flamme, in einigem Abstande von derselben befinden, sind in der Herdsohle drei Balken von Gußeisen, oder auch von Schmiedeeisen vermauert a, a, a, welche den Blechtafeln als Unterlage dienen. Besser möchte es sein, anstatt der eisernen Balken einige Reihen von feuerfesten Steinen über die Herdsohle hervorragen zu lassen.

Taf. V. Fig. 4 giebt einen andern Glühofen für Schmiedeeisen und namentlich für Blechtafeln. Fig. 4ᵃ ist ein Längendurchschnitt, Fig. 4ᵇ ein Querdurchschnitt durch den Schornstein und Fig. 4ᶜ ein Stück des horizontalen Querschnittes. Sämmtliche Figuren in $1/_{40}$ der natürlichen Größe. Die Flamme entweicht hier durch einen Spalt in der Sohle des Ofens, und geht demnächst in den neben dem Ofen stehenden Schornstein. Man bemerkt indessen, daß sich in der Nähe dieses Spaltes noch eine zweite Ausgangsöffnung für die Flamme in der Decke des Ofens befindet, durch welche die Flamme ebenfalls seitwärts nach dem Schornstein abströmen kann. Diese Oeffnung ist während des Betriebes des Ofens durch einen Schieber R geschlossen; sie wird nur geöffnet, wenn man die Arbeitsthür des Ofens, welche hier ebenfalls der Feuerbrücke gegenüberliegt, aufschiebt. Hierdurch wird es möglich die zu erhitzenden Gegenstände ein- und auszubringen, ohne durch die entgegenströmende Flamme incommodirt zu werden. Zweckmäßig ist es diesen Schieber in directe Verbindung mit der Arbeitsthür zu setzen, so daß sich derselbe schließt, sobald man die Arbeitsthür schließt, und umgekehrt.

Taf. V. Fig. 5 stellt einen großen Glühofen für Blechtafeln bis zu 7 Fuß im Quadrat haltend dar. Derselbe ist in der Fabrik von F. Wöhlert in Berlin construirt und daselbst im Betriebe. Fig. 5ᵃ ist ein Längendurchschnitt, Fig. 5ᵇ ein horizontaler Schnitt, Fig. 5ᶜ ein Durchschnitt durch den Arbeitsraum des Ofens und Fig. 5ᵈ ein Querschnitt durch den Rost und durch den Feuerraum des Ofens. Sämmtliche Figuren sind in $1/_{32}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Arbeitsthür nimmt eine ganze Langseite des Ofens ein; vor derselben befindet sich, außerhalb des Ofens, eine gußeiserne Vorplatte, auf welcher man den Rand des Bleches auflegen kann, wenn man dasselbe in den Ofen schieben will. Die Thür selbst ist in bekannter Weise mittelst eines Gewichthebels ausgeglichen. Die Flamme strömt an dem, der Feuerbrücke gegenüber liegenden Ende des Ofens durch 7 Oeffnungen von 7 und 8 Zoll Weite nach der Sohle des Ofens ab, und gelangt durch einen vertikal abwärts

steigenden Zug in einen nach dem Schornstein oder vorher noch zu einem Dampfkessel führenden Feuerkanal. Der 6 Fuß 2 Zoll breite Rost wird durch zwei Heizöffnungen beschickt, welche sich in der Stirnwand des Ofens befinden. Die Seitenwände des Ofens sind mit eisernen Platten belegt und sowohl der Länge nach, als auch der Quere nach durch schmiedeeiserne Stangen verankert. Der Ofen ist mittelst eines besondern eisernen Daches überdeckt, da er außerhalb des eigentlichen Werkstattraumes im Freien liegt.

Der Kohlenverbrauch in den Glühöfen beträgt etwa 40 bis 50 Pfund für 100 Pfund zu verschmiedendes Eisen, und man kann annehmen, daß auf jedem Quadratfuß Rostfläche stündlich etwa 30 bis 40 Pfund Kohlen verbrannt werden können. Man wird also für jeden Centner Eisen, welcher in einem Glühofen pro Stunde erhitzt werden soll, etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Quadratfuß Rostfläche rechnen können. Diese Werthe vermindern sich, wenn dasselbe Eisen mehrere Hitzen hinter einander bekommt, also noch warm wieder in den Ofen gebracht wird; sie vergrößern sich etwas, wenn man öfter starke Schweißhitzen zu geben genöthigt ist. Ebenso verändern sich die genannten Verhältnisse, wenn man sehr starke oder sehr dünne Stücke zu erhitzen hat. Der Verlust durch Abbrand beträgt etwa 3 bis 4 Procent, steigt aber auch zuweilen auf 10 Procent.

§. 63.

Schmiedewerkzeuge im Allgemeinen. Unterlagen für Schmiedearbeiten.

Die Werkzeuge, welche der Schmied zur Bearbeitung und Formgebung der Materialien braucht, lassen sich in folgende Gruppen sondern:

1) Werkzeuge, welche als Unterlage für das zu bearbeitende Eisen dienen (Ambos, Sperrhorn).
2) Werkzeuge, welche zum eigentlichen Schmieden dienen, um mit denselben die nöthigen Schläge auszuführen (Hämmer).
3) Werkzeuge, welche zur Darstellung solcher geschmiedeter Formen dienen, welche sich durch den Ambos und den Hammer allein nicht erreichen lassen (Gesenke, Schrotmeißel, Abschrot, Durchschlag, Nageleisen u. s. w.)
4) Werkzeuge, um das Eisen bei dem Schmieden festzuhalten (Zangen).
5) Nebenwerkzeuge, welche nicht zur eigentlichen Schmiedearbeit gehören, sondern nur mancherlei Nebenoperationen erleichtern (Kohlenschaufel, Löschspieß, Schraubstock, Feile u. s. w.)

Unterlagen für Schmiedearbeiten.

Der Ambos bildet die feste Unterlage, auf welche man das zu schmiedende Stück legt, und welcher schließlich die durch die Hammerschläge herbeigeführten Stöße aufzunehmen hat. Die erste Bedingung erfordert, daß die Fläche des Ambos, auf welche man das Eisen legt (die Bahn) möglichst

glatt und hart sei, man macht dieselbe daher aus gehärtetem und geschliffenem Stahl. Die zweite Bedingung erfordert, daß der Ambos selbst hinreichende Masse besitze, d. h. hinreichend schwer sei, um nicht durch die Schläge Bewegung zu erhalten, und daß er andererseits möglichst sicher und elastisch fundamentirt sei. Man stellt, um diese Bedingungen zu erfüllen, den Ambos im Allgemeinen aus drei Theilen dar:

1) die Bahn,
2) dem eigentlichen Ambosblock,
3) der hölzernen Unterlage.

Bei leichten Schlägen, wie sie mit Handhämmern geführt werden, ist die Bahn und der Ambosblock aus einem Stück, letzterer gewöhnlich aus Schmiedeeisen, und die Stahlbahn ist aufgeschweißt, seltener aus Gußeisen mit einer Bahn aus Hartguß. Bei schweren Maschinenhämmern dagegen ist der Ambosblock, hier die Chabotte genannt, aus einem massigen Gußeisenstück, oft viele Centner schwer, hergestellt, und die Ambosbahn ist in der Oberfläche dieses Stückes durch Keile befestigt. Die hölzerne Unterlage besteht bei gewöhnlichen Ambosen für Handschmieden aus einem starken hölzernen Klotze von etwa 2 bis 2 1/2 Fuß Durchmesser und 5 bis 6 Fuß Länge, welcher in die Erde eingegraben und mit Lehm unterstampft und umstampft ist; in der Oberfläche dieses Klotzes ist eine Vertiefung, in welche der Ambosblock mit einem Zapfen hineingesteckt ist. Bei schweren Maschinenhämmern wird die elastische Unterlage durch mehrfach (4 bis 8 Reihen) kreuzweis übereinander geschichtete hölzerne Balken von 10 bis 12 Zoll Seite gebildet, welche so hergestellt einen liegenden Rost von beträchtlicher Grundfläche darstellen, auf welchen sich der Ambosklotz (die Chabotte) aufsetzt.

Verschiedene Formen der Chabotte zeigen die auf den Tafeln VII., VIII., IX. und X. dargestellten mechanischen Hämmer.

Die Ambose für Handschmieden haben je nach dem Gewicht, den Dimensionen und den Formen der darauf zu schmiedenden Gegenstände verschiedene Gewichte und Gestalten. Im Durchschnitt pflegt man folgende Gewichte zu nehmen.

Ambos für die kleinsten Feuer (Nagelschmiedefeuer)	40—80	Pfund.
„ „ gewöhnliche kleine Schlosserfeuer . .	100—180	„
„ „ größere Feuer	200—300	„
„ „ die größten Schmiedefeuer	350—500	„
(gewöhnlich	400—440)	„

(Vergl. §. 58, S. 351).

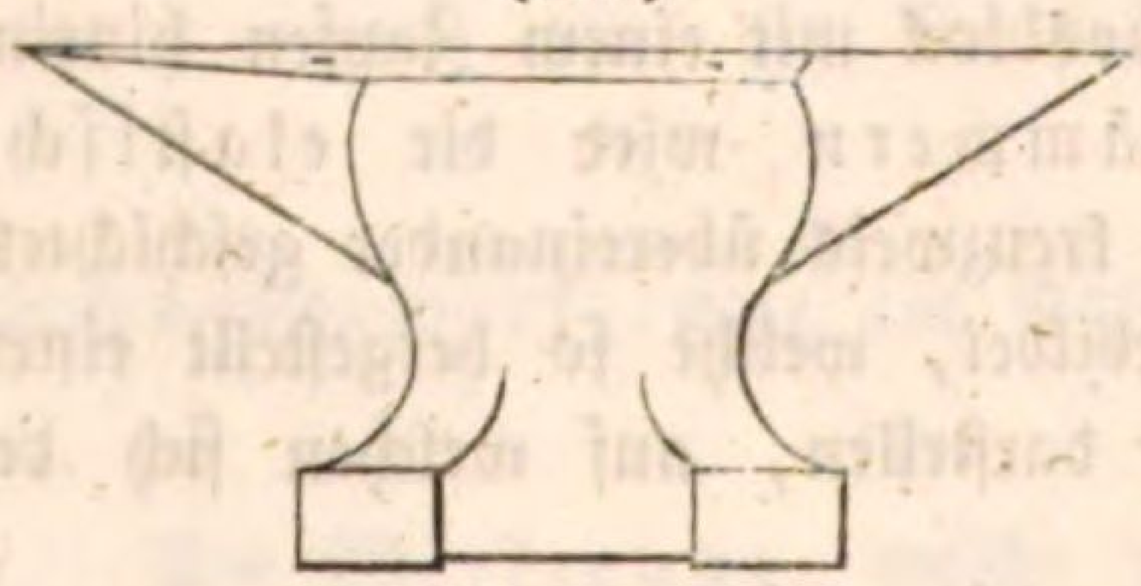
Die gewöhnlichen in Deutschland üblichen großen Ambose haben eine Bahn in Gestalt eines Rechteckes von 17 Zoll Länge und 4 1/2 Zoll Breite. Taf. IX. Fig. 1 stellt einen solchen Ambos in 1/12 der natürlichen Größe dar, und zwar ist Fig. 1ª die Ansicht von den Seiten mit dem, aus dem Fußboden hervorragenden Theil des Ambosklotzes (Ambosstockes), Fig. 1ᵇ die obere Ansicht, Fig. 1ᶜ die Ansicht von dem einen Ende. Die Oberkante des Ambos liegt etwa 26 Zoll über dem Niveau des Fuß-

bodens, so daß dieselbe etwas niedriger ist, als die gewöhnliche Tischhöhe (29 bis 30 Zoll). Die Bahn hat in der Nähe des einen Endes eine rechteckige Durchbohrung, welche dazu dient, um die Zapfen kleinerer Schmiedeunterlagen, z. B. Gesenke, Abschrote u. s. w. hineinzustecken. Die beiden an der Seite des Ambosblockes befindlichen Oeffnungen sind nur zum Zweck des Transportes und der Handhabung des Amboses bei seiner Anfertigung.

Von der deutschen Form des Ambos verschieden ist die englische Form, oder der sogenannte Ambos mit einem Horn; Fig. 2 auf Taf. IX. stellt einen kleinen, etwa 75 Pfund schweren Ambos englischer Form (mit einem Horn) dar, und zwar Fig. 2[a] in der Ansicht von der Seite, Fig. 2[b] in der Ansicht von oben und Fig. 2[c] in der Ansicht von derjenigen Seite, an welcher sich das Horn befindet; sämmtliche Figuren in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe. Das Horn ist ein Vorsprung an dem einen Ende der Bahn, welcher anfangs noch eine kleine ebene Bahn hat, dann aber in eine kegelähnliche Form mit abgerundeter Spitze ausläuft. Das Horn dient zum Schmieden von Ringen und Reifen, sowie zum Biegen und Schweißen hohler oder ringförmiger Gegenstände, welche mit ihrer Höhlung auf das Horn geschoben werden.

Die französische Form der Ambose ist durch den nebenstehenden Holzschnitt dargestellt; hier verlängern sich die beiden schmalen Enden der Bahn in einen hornartigen Ansatz, indessen ist der eine dieser beiden Ansätze kegelförmig, also mit convexer Bahn, während der andere keilförmig, also mit ebener Bahn angeordnet ist. Diese Form des Amboses bildet den Uebergang zu dem sogenannten Sperrhorn, einer besondern Art von Ambos, welcher für sich und in ausgedehnterem Maaße die Bedingungen erfüllt, wozu bei dem Schmiedeambos das Horn angeordnet ist.

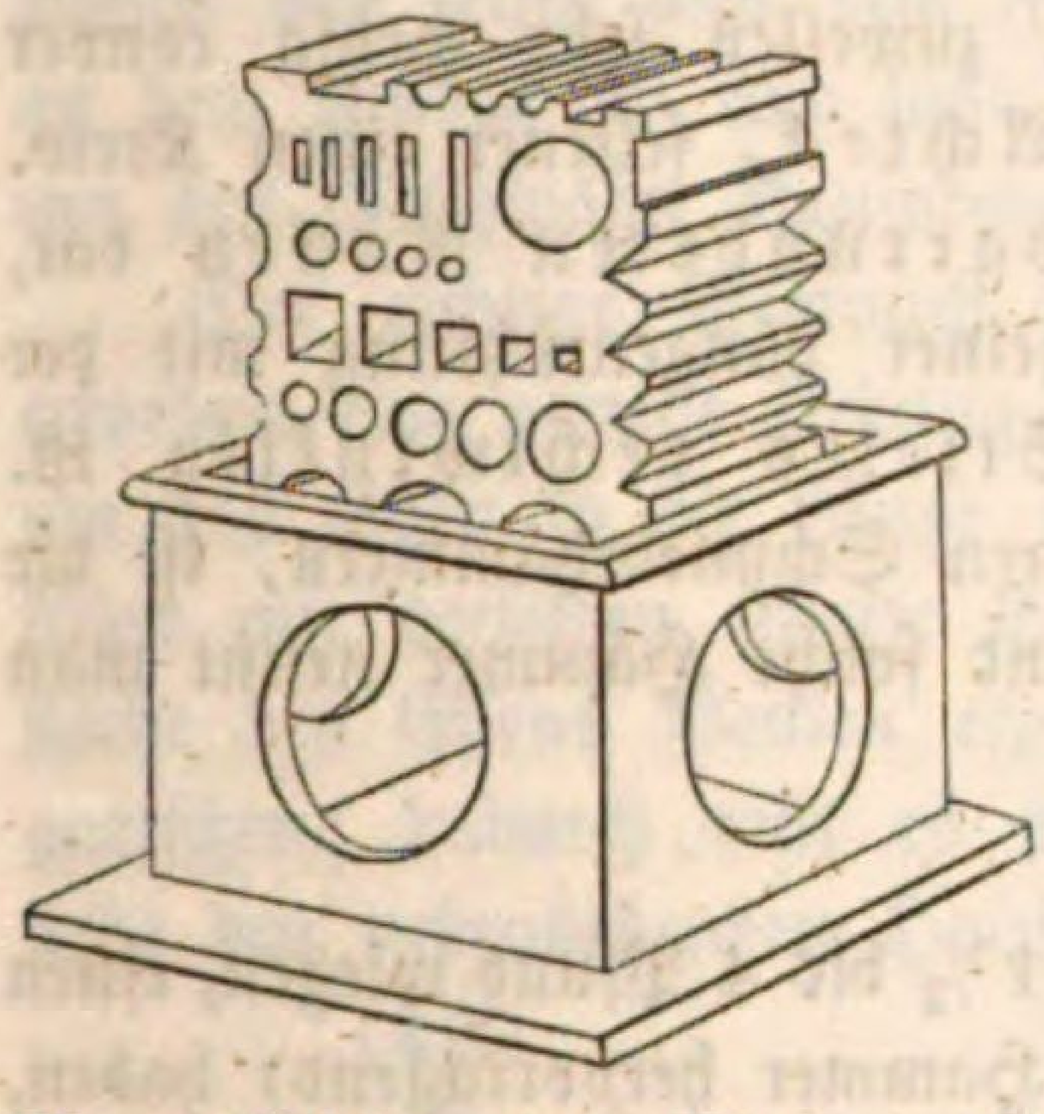
(10)



Das Sperrhorn, wie ein solches für größere Dimensionen in Fig. 3 auf Taf. IX. und für kleinere Arbeiten in Fig. 4 auf Taf. IX. dargestellt ist, besteht aus einer mittlern ebenen Bahn von etwa quadratischem Grundrisse, an dieselbe schließt sich unten der Fuß an, durch welchen das Sperrhorn mittelst eines angeschmiedeten Zapfens in einer Höhlung des Ambosstockes, die mit einem eisernen Ringe ausgefüttert ist, befestigt wird. Zu beiden Seiten der Bahn befinden sich die beiden Hörner, das eine wieder in der Form eines Kegels, dessen obere Seite horizontal, und dessen vertikale Querschnitte überall Kreise sind, während, wie bei dem französischen Ambos, das andere Horn durchweg einen rechteckigen (quadratischen) Querschnitt, eine ebene horizontale Bahn und die Gestalt eines lang zugespitzten Keils hat. Fig. 3[a] auf Taf. IX. zeigt die Ansicht des großen Sperrhorns von der Seite, Fig. 3[b] die Ansicht von oben, daneben sind die Querschnittsformen an den durch punktirte Linien angedeuteten Stellen der Fig. 3[a] und 3[b] gezeichnet. In gleicher Weise zeigt Fig. 4[a] und 4[b] die entsprechenden Ansichten und daneben die Querschnittsformen eines kleinern Sperrhorns. Sämmtliche Figuren in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe.

Außer den ebengenannten Unterlagen bedient man sich zum Schmieden solcher Körperformen, welche sich auf dem gewöhnlichen Ambos und Sperrhorn nicht herstellen lassen, noch gewisser eigenthümlich gestalteter Unterlagen, welche wir bei Gelegenheit der oben (S. 370) unter Nr. 3 erwähnten Schmiedewerkzeuge näher besprechen wollen. Hier mag noch eine für manche Schmiedearbeiten sehr zweckmäßige Unterlage angeführt werden, welche der nebenstehende Holzschnitt darstellt, und welche als Gesenkstock bekannt ist. Der Gesenkstock besteht aus einem Block von Schmiedeeisen oder Gußeisen, dessen Grundform etwa ein halber Würfel ist. Nach der Richtung der kürzern Dimension ist derselbe mit verschiedenen Durchbohrungen, theils von rechteckigem, theils von kreisförmigem Querschnitt und von verschiedenen Dimensionen versehen, während die Mantelflächen des Blockes prismatische Einschnitte von verschiedenen Querschnittsformen, halbrund, rechteckig, dreiseitig, trapezförmig u. s. w. haben. Je nachdem es der Gebrauch erfordert, wird der Block so gelegt, daß er entweder flach liegt und die Durchbohrungen benutzt werden können, oder daß er hochkantig mit der einen oder der andern Seite nach oben gestellt wird.

(11)



In Schmiedewerkstätten, wo man sehr genaue Arbeiten anfertigt, hat man endlich noch als Schmiedeunterlagen größere oder kleinere Richtplatten, das sind Platten von Gußeisen oder Schmiedeeisen, die sehr genau eben gehobelt und in horizontaler Lage aufgestellt sind, und welche man braucht, um geschmiedete Gegenstände eben und gerade zu richten, indem man sie auf den Richtplatten ausstreckt und mit dem Hammer anrichtet.

§. 64.

Schmiedehämmer, Setzhämmer und deren Gebrauch.

Das älteste und wichtigste Werkzeug des Schmiedes ist der Hammer. Durch den Hammer giebt er dem Eisen die beabsichtigte Form, und selbst die übrigen Hilfswerkzeuge zur Formgebung der Schmiedearbeiten setzen zum größten Theil bei ihrem Gebrauch die Anwendung des Hammers voraus. Wir wollen daher, bevor wir auf den Gebrauch jener Hilfswerkzeuge eingehen, zunächst über die Schmiedehämmer und über diejenigen Arbeiten sprechen, welche mit Hilfe der Schmiedehämmer allein ausgeführt werden können.

Die Hämmer zum Schmieden werden entweder mit der Hand bewegt, oder man bedient sich zu ihrer Bewegung mechanischer Hilfsmittel (Maschinen), die entweder durch Wasserkraft oder durch Dampfkraft bewegt werden.

Indem wir die Construction der mechanischen Hämmer in die folgenden Paragraphen verweisen, wollen wir hier die Hand-Schmiedehämmer und deren Gebrauch besprechen.

An einem zum Schmieden bestimmten Hammer unterscheidet man die Bahn des Hammers und die Finne oder Pinne. Beide sind aus Stahl, mit welchem der eigentliche Körper des Hammers vorgestählt ist. Der Körper des Hammers enthält in der Mitte eine rechteckige Oeffnung, in welcher der Hammerstiel mittelst schlanker eiserner Keile befestigt wird.

Die Bahn des Hammers ist fast eben, zuweilen sehr wenig convex gekrümmt, sie bildet meist ein Rechteck oder ein Achteck, seltener einen Kreis. Die Finne dagegen stellt einen stumpfen, abgerundeten Rücken dar, welcher bei gewöhnlichen Schmiedehämmern mit seiner Längenrichtung mit der Bahn parallel, aber zur Richtung des Stieles rechtwinklig ist. Bei manchen Hämmern, namentlich bei den schweren Schmiedehämmern, ist die Finne mit der Richtung des Stieles parallel, und solche Hämmer nennt man Kreuzschläge.

Der Größe nach unterscheidet man:

1) Handhämmer (Schmiedehämmer), die etwa 1½ bis 4 Pfund wiegen, einen Stiel von 14 bis 15 Zoll Länge (über den Hammer hervorragend) haben, und mit einer Hand geführt werden; sie sind fast niemals Kreuzschläge.
2) Zuschlagehämmer, welche gewöhnlich Kreuzschläge sind, 6 bis 20 Pfund wiegen, einen Stiel von 20 bis 24 Zoll Länge haben, und mit beiden Händen geschwungen werden.

Taf. IX. Fig. 5 stellt einen gewöhnlichen Schmiedehammer in zwei Ansichten und in $^1/_{10}$ der natürlichen Größe dar. Die Finne ist hier mit der äußern Stirnfläche des Hammers bündig, zuweilen legt man sie auch wohl über die Mitte der Bahn. Der Hammer wiegt etwa 4 Pfund.

Taf. IX. Fig. 6 und 7 zeigen zwei Zuschlag- oder Vorschlaghämmer, jeden in zwei Ansichten und $^1/_{10}$ der natürlichen Größe. Der kleinere Hammer ist 6 Zoll hoch und wiegt etwa 12 Pfund, der andere ist 7 Zoll hoch und wiegt etwa 18 Pfund. Beide Hämmer sind Kreuzschläge.

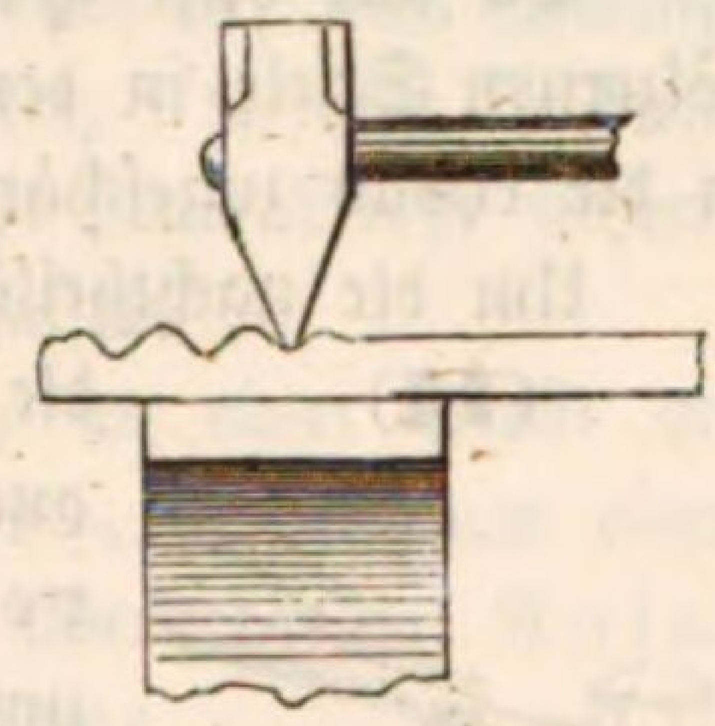
Die Geschicklichkeit eines guten Schmiedes beim Schmieden selbst besteht in folgenden Punkten:

1) daß er die Schläge stets in der richtigen Stärke mit möglichster Geschwindigkeit und stets auf die richtige Stelle führe;
2) daß er die Bahn und die Finne des Hammers zu geeigneter Zeit und in richtiger Weise gebrauche;
3) daß er dem Eisen die richtige Lage gegen den Ambos und mit Rücksicht auf die zu führenden Schläge gebe.

Große Stücke werden, wenn sie aus dem Groben bearbeitet werden, mit Zuschlaghämmern geschmiedet, welche von den Zuschlägern gehandhabt werden, während der Schmied (der Meister oder Schirrmeister) die Arbeiten dirigirt. Die Schläge werden im Takt geführt, welchen der Schmied mit dem Handhammer angiebt, und zwar so, daß von den Zuschlaghämmern (deren gewöhnlich zwei bis drei wirksam sind), der schwerste Hammer immer zuerst, und ihm folgend die leichtern Hämmer niederfallen. Der Schmied deutet durch die Haltung seines Hammers an, ob mit der Finne oder mit der Bahn geschlagen werden soll;

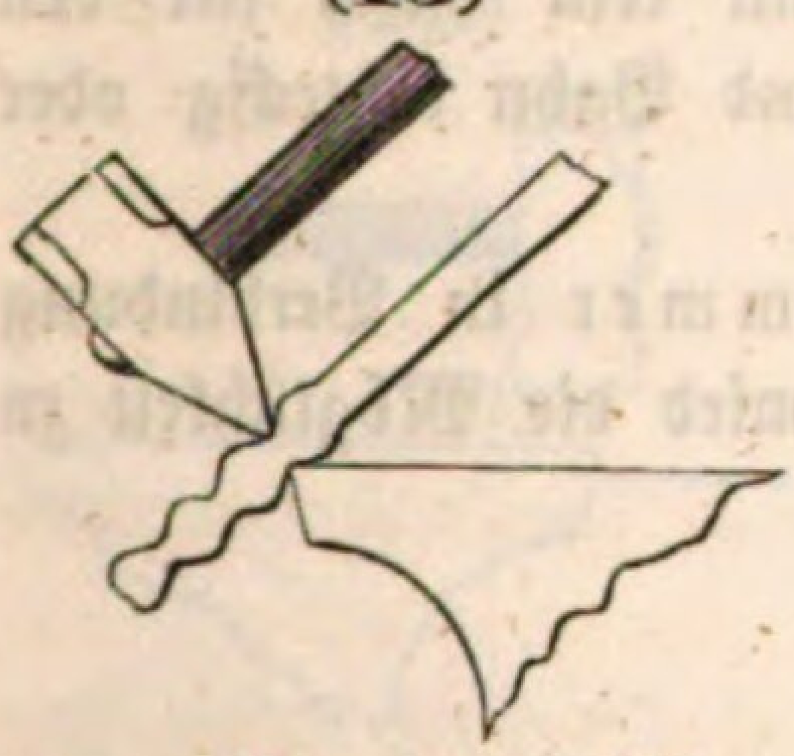
er bezeichnet durch die Schläge, welche er mit dem Handhammer führt, die Stelle, auf welche die Zuschläger ihre Schläge richten sollen, und indem er seinen Hammer klingend auf den Ambos niederfallen läßt, giebt er das Signal zum Aufhören. Die durch die starken Schläge entstandenen Ungenauigkeiten corrigirt der Schmied mit dem Handhammer, nachdem die Zuschläger aufgehört haben. Wenn das Eisen aus dem Feuer genommen wird, so reibt der Schmied es erst an dem Ambos ab und läßt zuerst leichte Schläge führen, um den Glühspahn abzusprengen.

(12)



Der richtige Gebrauch der Bahn und der Finne erfordert eine gewisse Uebung. Die Finne wird gebraucht, um das Eisen in die Länge oder Breite auszurecken; man führt mit derselben scharfe Schläge, welche in der Oberfläche des Eisens Beulen erzeugen und dasselbe zur Seite quetschen; dadurch reckt es sich aus (es wird gestreckt, siehe den nebenstehenden Holzschnitt).

(13)



Die Bahn des Hammers wird dagegen gebraucht, um die Oberfläche des Eisens wieder zu glätten und um ebene Flächen herzustellen. Das Ausrecken des Eisens findet noch stärker statt, wenn man das Eisen auf die Kante des Ambos legt und die Schläge mit der Finne des Hammers darauf führt. (Holzschnitt 13).

So geschickt der Schmied auch seine Schläge zu führen verstehen mag, so kann es nicht ausbleiben, daß, namentlich bei kräftigen, weit ausgeholten Schlägen, der Hammer nicht stets genau auf dieselbe Stelle fällt, auf welche er vorhin fiel. Um nun bei genauen Arbeiten, wo es darauf ankommt viele und kräftige Schläge auf eine ganz bestimmte Stelle zu führen, und zwar so, daß sie sich decken, die Arbeit zu erleichtern, hat man Werkzeuge in Anwendung gebracht, die ganz den Charakter der Hämmer haben, und zwar entweder eine Bahn oder eine Finne, die aber von der entgegengesetzten Seite einen breiten Kopf haben, so daß man darauf schlagen kann. Diese an hölzernen Stielen, wie die Hämmer befestigten Werkzeuge werden auf die zu bearbeitende Stelle gesetzt, und nun schlägt man mit den Zuschlagehämmern auf den Kopf derselben. Man nennt daher diese, ganz den Zweck der Hämmer vertretenden und in ihrer Form denselben ähnlichen Werkzeuge Setzhämmer.

Taf. IX. Fig. 8 bis 13 stellen dergleichen Setzhämmer in $^1/_{10}$ der natürlichen Größe dar, und zwar jeden derselben in zwei Ansichten.

Fig. 8 ist ein Setzhammer mit einer breiten Finne, welche dem Hammerstiel parallel läuft, also nach Art der Kreuzschläge angeordnet ist.

Fig. 9 ist ein Setzhammer mit quadratischer Bahn, welcher den Zweck der Bahn des Schmiedehammers erfüllen soll.

Fig. 10 ist ein Setzhammer mit cylindrischer Bahn, um Hohlkehlen und allmähliche Uebergänge anzuschmieden, er bildet eigentlich ein Mittelding zwischen der Bahn und der Finne des Schmiedehammers.

Fig. 11 ist ein Setzhammer mit verbreiterter ebener Bahn, ein sogenannter Abrichtehammer, welcher vorzugsweise zur Darstellung ebener Oberflächen gebraucht wird.

Fig. 12 ist ein Setzhammer mit schräg abgeschnittener Bahn und Fig. 13 ist ein Setzhammer mit ebener, aber seitwärts verlängerter Bahn; beide werden dann angewendet, wenn die Neigung oder die Krümmung der Flächen des geschmiedeten Stückes die Anwendung anderer Setzhämmer nicht gestattet.

Da alle diese Hämmer nicht geschwungen werden, so braucht man die hölzernen Stiele in denselben nicht fest zu keilen; man schlägt sie vielmehr einfach in die etwas zugeschärften Löcher der Hämmer hinein.

(14)



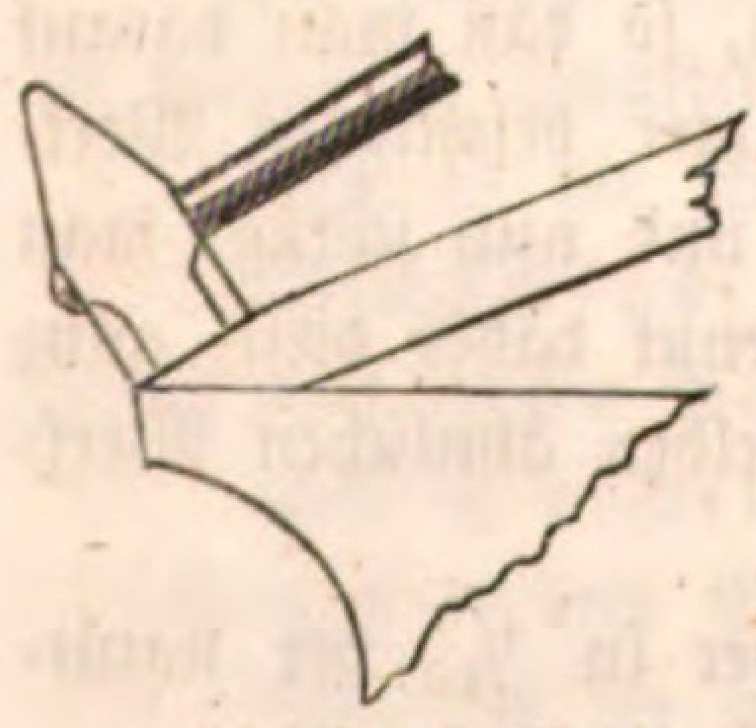
Um die nachtheiligen Erschütterungen, welche der Stiel des Setzhammers auf die Hand überträgt (das Dröhnen) zu vermeiden, wendet man auch wohl anstatt des hölzernen Stiels elastische Ruthen von Haselnußsträuchern an (Holzschnitt 14), welche man um den Setzhammer und auch um ähnliche Werkzeuge herumwickelt; der Setzhammer bekommt dann kein Loch für den Stiel, wird vielmehr zwischen Kopf und Bahn achteckig oder rund gemacht.

Der Gebrauch der Hämmer und der Setzhämmer in Verbindung mit dem Ambos und dem Sperrhorn giebt dem Schmied die Möglichkeit zu folgenden Operationen:

1) das Ausstrecken,
2) das Stauchen,
3) das Ansetzen,
4) das Biegen,
5) das Schweißen.

1) Das Ausstrecken (Zainen) des Eisens geschieht mit Hilfe der Finne des Hammers, wie oben beschrieben, indem der Schmied entweder das Eisen flach auf den Ambos legt und die Schläge mit der Finne führt, oder indem er es etwas geneigt über die Kante des Ambos hervorragend hält, und die Schläge mit der Finne und nachher mit der Bahn (um zu glätten) gegen die scharfe Kante des Ambos richtet. In ähnlicher Weise wird das Eisen zu einer Schneide ausgereckt, indem es nicht flach, sondern geneigt gegen die Ambosfläche gehalten (Holzschnitt 15) und mit der Bahn des Hammers bearbeitet wird.

(15)



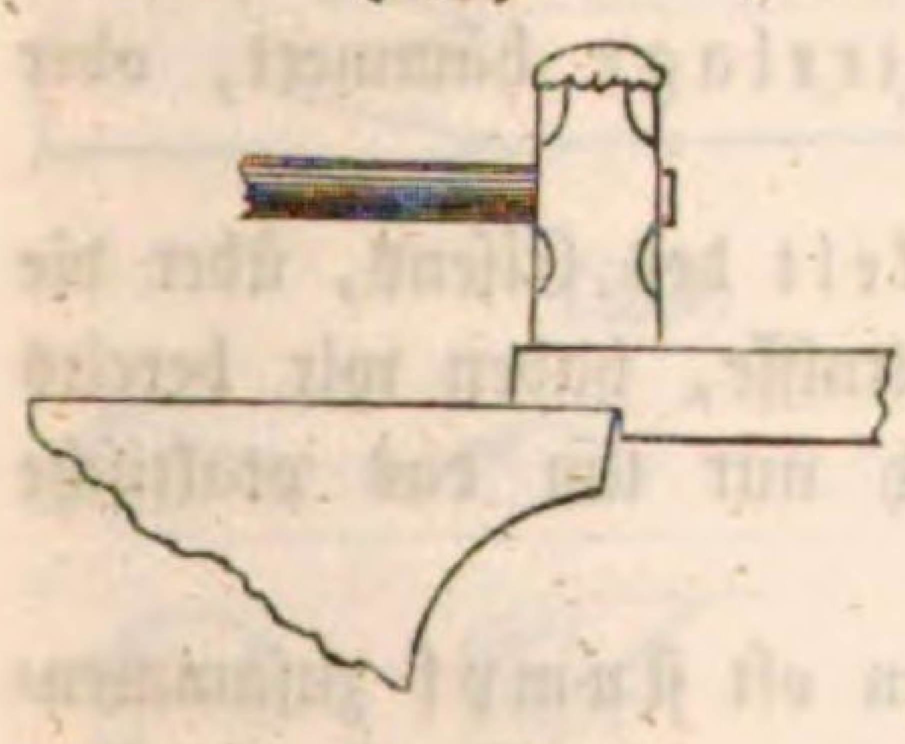
2) Das Stauchen des Eisens hat den Zweck, durch Zusammendrücken des glühenden und daher weichen Eisens den Querschnitt desselben zu vergrößern, indem man seine Länge vermindert. Kleine Stücke werden gestaucht, indem man sie mit ihrer Längen-Dimension aufrecht gegen den Ambos stellt und von oben mit der Hammerbahn darauf schlägt. Sind die Stücke zu lang, um bequem von oben darauf schlagen zu können, so stellt man sie horizontal gegen eine Seite des Ambos und führt die Schläge in horizontaler Richtung; Stücke, welche schwerer sind als die Hämmer, staucht man besser, indem man die Stücke

selbst bewegt und sie heftig gegen den Ambos oder gegen eine schwere Unterlage (einen großen Stein in der Sohle der Schmiedewerkstatt) stößt oder fallen läßt. Sehr zweckmäßig zum Stauchen schwerer und großer Stücke ist folgende Einrichtung:

Von der Decke der Schmiede hängt an Ketten ein schwerer Gußeisenklotz, dessen Längenrichtung horizontal, und der an einem Ende mit einer vertikalen Bahn versehen ist. Die zu stauchenden Stangen werden horizontal in einen Ring gehängt, welcher gleichfalls an einer Kette von der Decke herabhängt, so daß das zu stauchende Ende in der Höhe der Bahn jenes Klotzes ist; nun schwingt man sowohl die Stange als den Klotz pendelartig auseinander, und läßt sie dann heftig gegeneinander fahren. Man kann auf diese Weise sehr starke Stöße führen, ohne das Gewicht der zu stauchenden Stangen heben zu müssen.

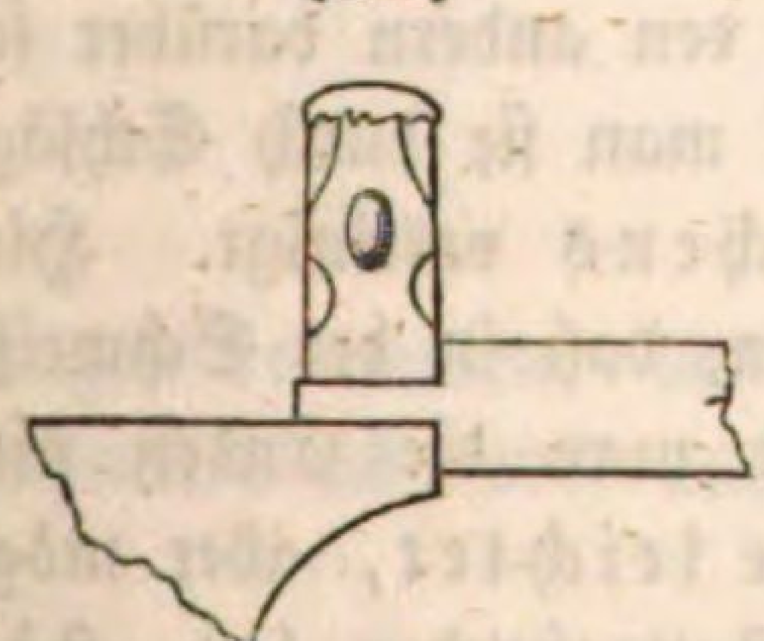
3) Das Ansetzen. Dies Verfahren hat den Zweck, an einer Stelle des Schmiedestückes die Dicke oder Breite plötzlich zu vermindern, indem man einen scharfen, oder wenigstens mit einer scharfen Ausrundung übergehenden Ansatz bildet. Man bedient sich hierbei gewöhnlich der Setzhämmer.

(16)

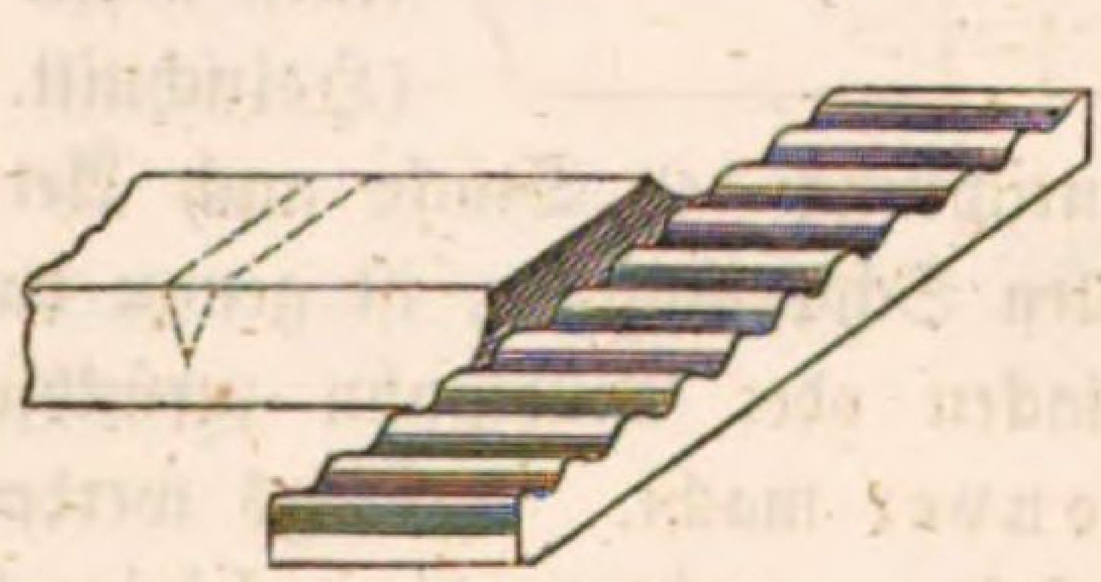


Soll der Ansatz nur an einer Seite gebildet werden, so legt man das Ende des Schmiedestückes auf die scharfe Kante des Ambos und stellt den Setzhammer so, daß er etwas über diese Kante herüberreicht (Holzschnitt 16), wenn dagegen der Ansatz auf beiden Seiten stattfinden soll (Holzschnitt 17), so stellt man den Setzhammer so, daß die äußere Kante desselben genau mit der Kante des Ambos abschneidet.

(17)



(18)

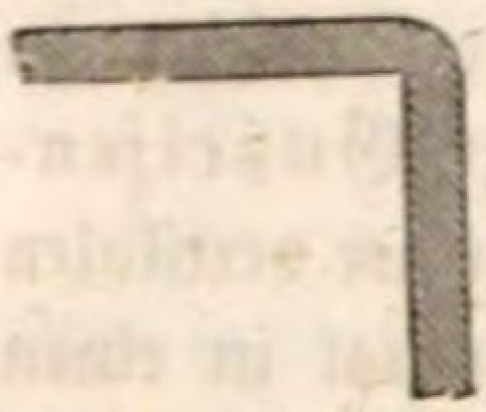


Wenn das Eisen nach der im Holzschnitt 18 dargestellten Weise abgesetzt und dann seitwärts ausgereckt werden soll, so schlägt man zuerst bis zur gehörigen Tiefe mit einem Setzhammer mit Finne nach Andeutung der punktirten Linien quer in das Eisen hinein und reckt dann entweder mit demselben Setzhammer oder auch nur mit der Finne des Schmiedehammers das abgesonderte Ende seitwärts aus, worauf man die in der Figur dargestellte ausgebeulte Oberfläche mit dem Abrichthammer glättet.

4) Das Biegen der Schmiedestücke geschieht gewöhnlich mit Hilfe des Hornes am Ambos oder des Sperrhorns, indem man das Schmiedestück quer darüber legt und auf eine nicht unterstützte Stelle hämmert. Wenn die Biegung kürzer sein soll, als die Dimension des Sperrhorns gestattet, so wendet man einen Dorn an, das ist ein cylindrischer oder konischer Stab von Eisen, um welchen der Schmied den zu bildenden Ring herum hämmert. Scharfe recht-

eckige Biegungen sind am schwersten auszuführen, weil (Holzschnitt 19) das Eisen,

(19)

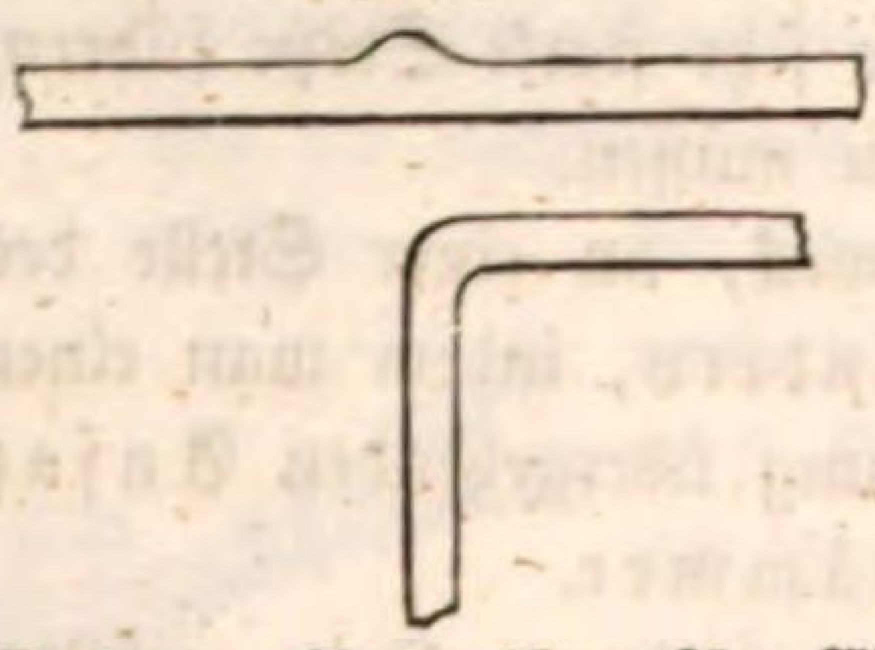


(20)



welches scharf um die Kante des Ambos herumgehämmert wird, in der Biegung seinen Querschnitt verändert, wenn man dagegen es nachher wieder *anstaucht*, um den Querschnitt herzustellen (Holzschnitt 20), so bekommt es leicht an der innern Biegung Risse. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, wendet man bei dergleichen Biegungen zuweilen Eisen an, welches an der Stelle, wo die Biegung

(21)



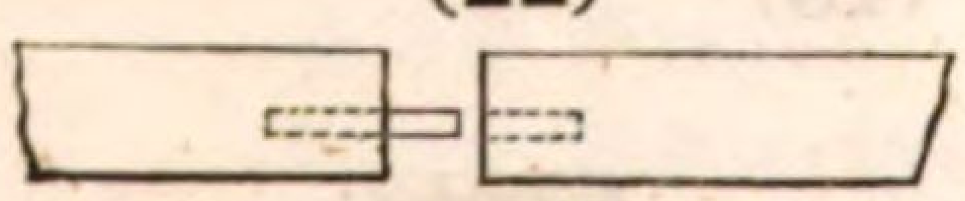
stattfinden soll, eine Verstärkung hat, die entweder durch *Walzen* oder durch Schmieden herbeigeführt ist. (Holzschnitt 21). Dies Verfahren wird z. B. bei der Bildung der Radspeichen für Eisenbahnwagenräder angewendet.

Größere Gegenstände biegt man entweder mittelst besonderer Biegemaschinen, entweder durch Walzen (Radreifen für Eisenbahnwagenräder, Kesselbleche), oder indem man sie über einer als *Chablone* dienenden *eisernen Unterlage* hämmert, oder mittelst *Schraubenpressen*.

5) Das *Schweißen*. Ueber die *Schweißbarkeit* des Eisens, über die Schweißhitze und mancherlei dabei vorkommende Verhältnisse, haben wir bereits in §. 25, S. 151 gesprochen. Hier handelt es sich nur um das praktische *Verfahren beim Schweißen*.

Die *zusammenzuschweißenden* Stücke werden oft *stumpf* zusammengestoßen, indem man zuweilen einen Zapfen in dem einen Theil befestigt und den andern darüber schiebt (Holzschnitt 22), worauf man sie durch Schläge in der Längenrichtung der Stücke nach Art des *Stauchens* vereinigt. Hierbei, wie bei allen Schweißungen, ist genau darauf zu achten, daß in der Schweißfuge keine Schlacken oder Glühspahn zurückbleibe, weshalb man die Enden oft ein *wenig convex* macht. Anfangs werden die Schläge *leichter*, aber möglichst *schnell*, später, nachdem die gehörige Vereinigung stattgefunden hat, *stärker* geführt. Die durch das Zusammenschweißen etwas aufgestauchte Schweißfuge wird dann überarbeitet und in die entsprechende Form gebracht. Während der eigentlichen Schweißung, also während die *ersten Schläge* geführt werden, bleiben die Stücke im Feuer, in welches sie beide zugleich gebracht worden sind, und in welchem sie auch gleichzeitig die Schweißhitze erhalten haben. In dieser Weise werden z. B. *Wellen* zusammengeschweißt, indem man die Verstärkungen derselben an den Nabensitzen durch *Einschweißen* stärkerer Stücke herbeiführt. Auch die gebogenen *Radbandagen* der Eisenbahnwagenräder werden *stumpf* zusammengeschweißt. Man bringt die zusammenzuschweißenden Enden derselben in ein Feuer mit zwei *gegenüberliegenden* Düsen, nachdem man vorher in der Richtung des Durchmessers des Reifens einen mittelst *Schrauben* anzuspannenden Bügel angebracht hat. Sobald die Enden *schweißwarm* sind, werden die Schrauben allmählig angezogen, dadurch die Enden mit einem gewissen Druck

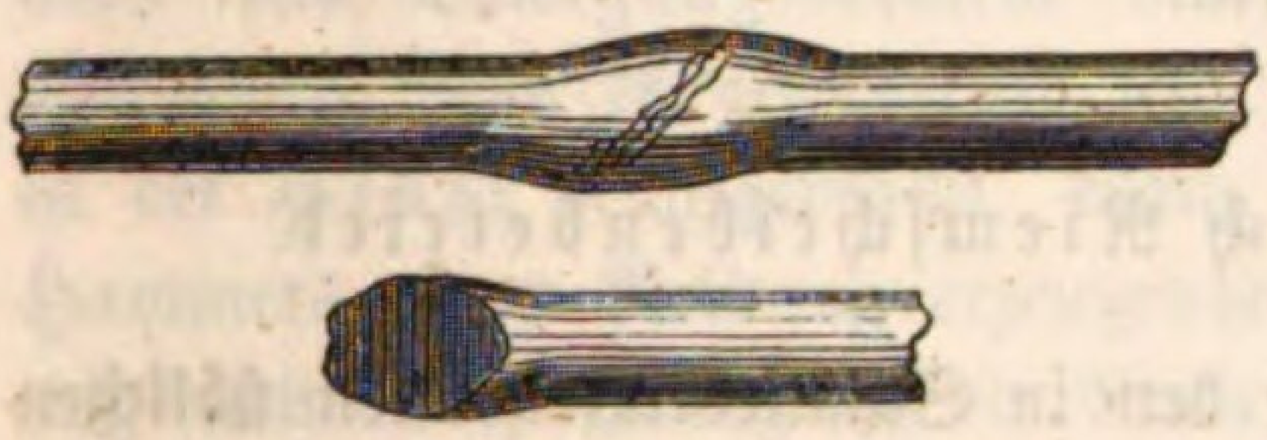
(22)



gegen einander gepreßt, und nachdem die Vereinigung erfolgt ist, wird der in einem Ringe an einer Kette hängende Reifen aus dem Feuer genommen, mit der *Schweißfuge* in ein der Querschnittsform derselben entsprechendes Gesenk gebracht und durch Schmieden überarbeitet.

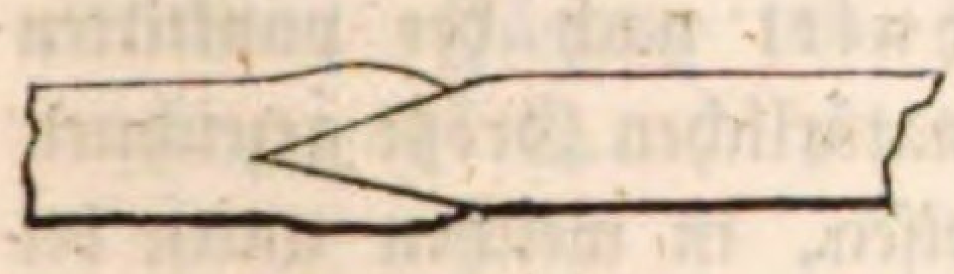
Alle *runden, flachen* oder *quadratischen* Stäbe von geringen Dimensionen werden gewöhnlich mit *schräger Schweißfuge* verbunden (Holzschnitt 23), indem man die schrägen Flächen vor dem Schweißen mit der Hammerfinne etwas rauh schlägt (abfinnt). Dieselben werden behufs des Schweißens *aus dem Feuer herausgenommen*, und die Fuge wird von der Mitte aus bearbeitet.

(23)



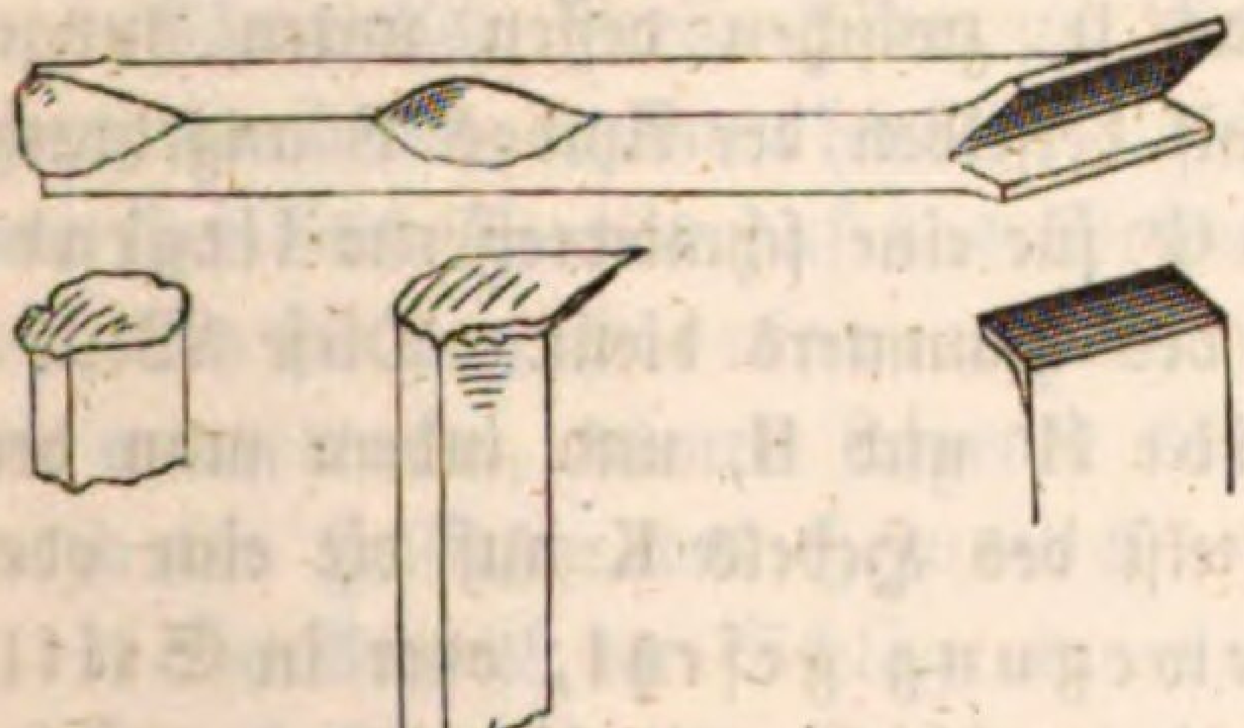
Wenn man *Stahl* und *Eisen* zusammenzuschweißen hat, so macht man, wenn die Schweißhitzen beider Theile sehr verschieden sind, sie *nicht* in ein und demselben Feuer warm, sondern in getrennten Feuern; man spaltet auch das eine Stück auf und setzt das andere mit einem *keilförmigen Zapfen* in den Spalt. (Holzschnitt 24).

(24)



Stücke, welche *rechtwinklig* an einander geschweißt werden sollen, bekommen in der *Schweißfuge* die im Holzschnitt 25 dargestellte Form. Zuweilen setzt man auch nach Andeutung des Holzschnittes 18 das eine Stück rechtwinklig an und schweißt das andere darüber, auf diese Weise kann man **T**- und **L**-förmige Gestaltungen bekommen. *Ringe* schweißt man nach Anleitung des Holzschnittes 26, oder auch stumpf zusammen.

(25)



(26)



§. 65.

Allgemeine Anordnung der mechanischen Hämmer. — Fallhämmer mit Hebedaumen und durch Riemscheibenbetrieb.

Zum Schmieden größerer und schwerer Gegenstände reicht die Bearbeitung mittelst Handhämmer nicht mehr aus. Bei der *Fabrikation des Eisens* bedient man sich schwerer Hämmer, die durch Wasserkraft oder Dampfkraft betrieben werden (Stirnhämmer, Aufwerfhämmer, Schwanzhämmer, Dampfhämmer); in den *Schmiedewerkstätten* braucht man dagegen in der Regel nicht so schwere Hämmer, als in den Eisenhütten, dennoch ist es zweckmäßig, die Hämmer, welche ein Gewicht von etwa 24 Pfund überschreiten, durch *mechanische Hilfsmittel* in Bewegung zu setzen. Wir haben daher die in *Schmiedewerkstätten gebräuchlichen mechanischen Hämmer* auf den Taf. VIII., IX. und X. zusammengestellt. Wir können dieselben ihrem Betriebe nach eintheilen:

1) in Hämmer, welche durch Hebedaumen von einer Welle aus betrieben werden, die durch Riemscheiben von einer Hauptwellenleitung in Bewegung gesetzt wird;
2) in Hämmer, welche ebenfalls mittelst Riemscheiben, aber durch Anwendung von Friktionsrollen betrieben werden (Friktionshämmer);
3) in Hämmer, welche einen besondern Motor, gewöhnlich einen Dampfcylinder, oder eine Dampfmaschine haben.

Hämmer mit Hebedaumen durch Riemscheibenbetrieb.

Diese Hämmer sind die leichtesten von den in Schmiedewerkstätten üblichen mechanischen Hämmern, und wir haben zwei solcher Anordnungen auf Taf. VIII. in Fig. 3 und 4 dargestellt. Taf. VIII. Fig. 3 ist ein Fallhammer von 180 Zollpfund Gewicht, welcher in einer Minute etwa 140 Schläge machen kann und zu seinem Betriebe etwa $1\frac{1}{4}$ Pferdekraft braucht. Fig. 3^a ist eine Vorderansicht des Hammers, Fig. 3^b ein Vertikalschnitt nach der punktirten Linie a b in Fig. 3^a. Beide Figuren sind in $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Hammer besteht aus einem Klotz A von Gußeisen, in welchen unten bei B die Hammerbahn eingesetzt ist; die Führung des Hammers erfolgt zwischen den Seitenwangen C C des Gerüstes D, zwischen dessen unten ausgeweiteten Schenkeln die Chabotte E, und auf derselben der Ambos F angebracht ist. An dem Gerüste D sind die Lager G G′ für eine schmiedeeiserne liegende Welle J angeschraubt, welche zum Betriebe des Hammers dient. Diese Welle J trägt eine feste und eine lose Riemscheibe H′ und H, und indem man den von der Hauptwelle kommenden Riemen mittelst des Hebels K auf die eine oder die andere schiebt, wird der Hammer in Bewegung gesetzt, oder in Stillstand gebracht. Die Bewegung des Hammers geschieht mittelst eines auf der liegenden Welle J befestigten Hebedaumens L und es macht daher der Hammer so viel Hübe, als die liegende Welle Umdrehungen macht. Der Hebedaumen L reicht durch einen Schlitz des Hammerblockes, so daß dieser möglichst vollständig in der vertikalen Schwerlinie erfaßt und gehoben wird. Um die Stöße beim ersten Angriff des Hebedaumens zu mildern, ist die Angriffsstelle im Hammer mit einem Puffer von Kautschukringen mit dazwischengelegten Eisenplatten versehen, M, dessen Construction der Durchschnitt Fig. 3^b deutlich zeigt. x ist eine kleine Feder, welche in eine Nuth des Pufferkopfes greift, um das Drehen desselben zu verhüten, y ist eine Klemmschraube, um das Lösen des mittelst Schraubengewinde befestigten Pufferdeckels zu verhindern. Wenn der Daumen den Hammer verläßt, hat der Hammer noch ein bedeutendes Bewegungs-Moment aufwärts, er würde also die Bewegung noch aufwärts, von der Schwere verzögert, fortsetzen, bis die Schwere selbige vernichtet hat, und dann erst würde er zu fallen beginnen, allein die hierzu erforderliche Zeit geht für die Bearbeitung des Eisens verloren, und man kann dieselbe nur wieder gewinnen, wenn man das Bewegungsmoment aufwärts schneller, als es durch die Schwere geschieht, vernichtet. Dies geschieht durch einen in der Decke des Hammergerüstes angebrachten

Puffer N, gegen welchen der Hammer geworfen wird; das Bewegungsmoment des Hammers wird durch die Compression der Pufferfeder aufgehoben, und man gewinnt außerdem dadurch den Vortheil, daß dasselbe durch die sofort erfolgende Ausdehnung der Feder noch bis zu einem bestimmten Theile wieder nutzbar wird, indem es die Fallgeschwindigkeit des Hammers durch den Impuls, welchen derselbe durch die Elasticität der Feder erhält, vergrößert, folglich auch das Bewegungsmoment des Schlages erhöht. Um die Bewegung des Hammers, falls es erforderlich sein sollte, während des Niederfallens zu hemmen, ist der Hebel P angebracht, durch welchen man gegen die Führungsbahn des Hammers einen Reibung erzeugenden Druck ausüben kann. Um die Ungleichförmigkeiten in der Bewegung der Welle möglichst zu reguliren, dient das Schwungrad O, welches auf der Welle J befestigt ist.

Die nach dem eben beschriebenen System construirten Hämmer werden vorzugsweise in einer Fabrik im Elsaß (J. Schmerber in Tagolsheim) gebaut. Der Kraftbedarf und der Preis derselben soll folgender sein:

Hämmer von	90 Kilogr.	$1\frac{1}{2}$	Pferdekraft	2500 Francs
„ „	150 „	$2\frac{1}{2}$	„	3700 „
„ „	250 „	$3\frac{1}{2}$	„	3800 „
„ „	350 „	6	„	4800 „

Sämmtliche Preise gelten mit Verpackung; die beiden ersten auch incl. Postament, die beiden letzten ohne ein solches; bei dem 350 Kilogramm schweren Hammer sind 800 Francs auf das Postament noch hinzuzurechnen.

Um die zum Betriebe eines solchen Hammers erforderliche Kraft zu ermitteln, dienen folgende Betrachtungen. Es sei:

h die Hubhöhe des Hammers in preuß. Fußen;
n die Anzahl der Schläge in einer Secunde;
G das Gewicht des Hammers in Zollpfund;
g = 31,25 die Beschleunigung durch die Schwerkraft;
v die Geschwindigkeit, welche der Hammer bei seiner Bewegung aufwärts erlangt;
A das absolute Arbeitsmoment in Fußpfund für die Secunde zur Bewegung des Hammers;
β der Nutzeffect, oder der Coefficient, mit welchem A multiplicirt werden muß, um das reine Arbeitsmoment zu erhalten;
t die Zeit, welche vom Beginn eines Hubes bis zum Beginn des folgenden Hubes vergeht; es ist $t = \frac{1}{n}$ Secunde.

Man hat offenbar

$$\beta A = n\left(G h + \frac{1}{2}\frac{G}{g} v^2\right) = n G\left(h + \frac{1}{2}\frac{v^2}{g}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \qquad (I)$$

Der Hammer fällt zwar schneller, als er gehoben wird; da indessen nach dem Niederfallen noch eine kleine Pause eintreten muß, bevor der Hebedaumen wieder anfassen kann, so wollen wir rechnen, daß die Hälfte der Zeit, welche vom Beginn des einen Hubes bis zum Beginn des folgenden vergeht, zum Heben des Hammers verwendet wird; ist nun der Hebedaumen so construirt, daß er sich richtig auf dem Angriffspunkt des Hammers abwickelt, so hat der

Hammer und der Hebedaumen während des Hubes eine gleich große, und zwar wegen des Schwungrades eine ziemlich gleichförmige Geschwindigkeit.

Es ist also:

(II) . . . . $v = \frac{h}{\frac{1}{2} t} = 2\,n\,h.$

Rechnen wir, daß der Hammer mit der Fallgeschwindigkeit allein während der halben Zeit $\frac{1}{2}$ t frei niederfallen könne, indem wir annehmen, daß die Verzögerungen, welche diese Geschwindigkeit durch die Reibung erlangen würde, sowie die Hubpause durch den Impuls der obern Feder ausgeglichen werde, so haben wir:

$$\frac{1}{2} t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{1}{2n}$$

und daraus, wenn wir überall anstatt g = 31,25 in runder Zahl 32 setzen

(III) . . . . $n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{2h}} = \frac{2}{\sqrt{h}}$

(IV) . . . . $h = \frac{4}{n^2}$.

Aus diesen beiden Gleichungen ergiebt sich die größte Zahl von Schlägen, welche der Hammer machen kann, wenn die Hubhöhe gegeben ist, und die Hubhöhe, welche der Hammer haben kann, wenn die Zahl der Schläge, die er machen soll, gegeben ist.

Durch Einsetzung dieser Werthe in die Gleichung II ergiebt sich:

$$v = 4\sqrt{h} = \frac{8}{n}.$$

Wenn wir diese Werthe von n in die Gleichung I einführen, so erhalten wir nach gehöriger Umformung:

(V) . . . . $\beta A = 2{,}5\, G \sqrt{h} = \frac{5}{n} \cdot G.$

Nimmt man die Verluste durch Reibung, durch Stöße u. s. w. etwa $\frac{1}{3}$ von dem absoluten Arbeitsmoment an, so ist $\beta = \frac{2}{3}$, folglich, wenn man eine Pferdekraft zu 480 Fußpfund (480 Zollpfund um 1 Fuß bewegt) annimmt, so ist die zur Bewegung des Hammers nöthige Kraft:

$$A = 3{,}75\, G \sqrt{h} = 7{,}5 \frac{G}{n} \text{ Fußpfund, oder}$$

$$= 0{,}007811\, G \sqrt{h} = 0{,}017622 \frac{G}{n} \text{ Pferdekräfte.}$$

Es soll z. B. ein Hammer von 300 Pfund construirt werden, welcher eine Hubhöhe von 15 Zoll hat; derselbe macht nach Gleichung III in einer Secunde $n = \frac{2}{\sqrt{\frac{5}{4}}} = 1{,}79$ oder in der Minute 107 Schläge, und erfordert zu seinem Betriebe $0{,}007811 \,.\, 300 \sqrt{\frac{5}{4}}$ Pferdekräfte. Ein Hammer von 180 Pfund Gewicht und $\frac{3}{4}$ Fuß Hubhöhe, wie der auf Taf. VIII. gezeichnete, erfordert zum Betriebe $0{,}007811 \,.\, 180 \sqrt{\frac{3}{4}} = 1{,}22$ Pferdekräfte, und kann in der Secunde $n = \frac{2}{\sqrt{\frac{3}{4}}} = 2{,}312$ oder in der Minute 139 Schläge machen. (Nach den Angaben des Constructeurs soll der Hammer $1\frac{1}{2}$ Pferdekraft brauchen und 180 Schläge machen.)

Nach diesen Berechnungen ist die folgende Tabelle entworfen worden, welche die für die Construction der Hämmer maaßgebenden Werthe enthält.

Spalte 1 enthält die Hubhöhe des Hammers in Fußen,
" 2 " die Zahl der Schläge in 1 Secunde,
" 3 " " " " " " 1 Minute,
" 4 " " " " pro Secunde erforderlichen Fußpfunde für jedes Pfund des Hammergewichtes.

Gegebene Hubhöhe eines Fallhammers in Fußen.	Zahl der Schläge des Hammers		Für jedes Pfund des Hammergewichtes sind pro Secunde erforderlich Fußpfund.
	in einer Secunde.	in einer Minute.	
0,25	4,000	240	1,875
0,50	2,825	170	2,652
0,75	2,309	139	3,248
1,00	2,000	120	3,750
1,25	1,789	107	4,193
1,50	1,634	98	4,593
1,75	1,513	91	4,961
2,00	1,414	85	5,303
2,25	1,333	80	5,625
2,50	1,264	76	5,929
2,75	1,206	72	6,244
3,00	1,155	69	6,745
3,25	1,111	67	6,760
3,50	1,070	64	7,016
3,75	1,033	62	7,262
4,00	1,000	60	7,500

Ist das Gewicht des Hammers gegeben, so braucht man nur die Zahlen der letzten Kolumne mit demselben zu multipliciren und durch 480 zu dividiren, um die Betriebskraft in Pferdekräfte zu bekommen, z. B. bei einem Hammergewicht von 500 Pfunden und 2 Fuß Hubhöhe ist die Betriebskraft $5{,}303 \cdot \frac{500}{480} =$ 5,52 Pferdekräfte, und die Zahl der Hübe in einer Minute 85.

Eine andere Anordnung der Hämmer mit Hebedaumen ist auf Taf. VIII. Fig. 4 als Skizze in einem Maaßstabe von $^1/_{24}$ der natürlichen Größe dargestellt. Diese Anordnung des Hammers (engl. Trip-Hammer) ist in Nordamerika patentirt; die Eigenthümlichkeit derselben besteht in der Hebung des Hammers A mittelst eines schraubenförmigen Hebedaumens B, welcher auf einer Scheibe C angebracht ist, die auf der stehenden Welle D befestigt ist. Die Uebertragung der Bewegung des Hebedaumens an den Hammer erfolgt mittelst des Armes E E′, welcher einerseits an dem Hammerstiel befestigt ist, und andererseits auf der stehenden Welle D, die ihm zur Führung dient, gleitet. Dieser Hebearm trägt zur

Verminderung der Reibung eine Friktions-Rolle F. Bei G ist auf der stehenden Welle D eine Betriebsriemscheibe befestigt und bei H ist ein Puffer angedeutet, gegen den der Hammer aus den bei der Beschreibung des Hammers in Fig. 3 angedeuteten Gründen geworfen wird. Die Hubhöhe des Hammers kann veränderlich gemacht werden, wenn man den Hebearm E E' auf dem Hamstiele verschiebbar macht, und denselben in geeigneter Höhe befestigt.

Je höher man den Hebearm E E' an dem Hammerstiele befestigt, desto später erfolgt der Angriff des Hebedaumens und desto geringer ist die Hubhöhe.

§. 66.

Friktionshämmer.

Hämmer, welche eine beträchtliche Hubhöhe bekommen sollen, und welche man nicht direct durch einen Dampfcylinder treiben, sondern von einer Wellenleitung aus bewegen will, treibt man häufig durch Friktionsrollen. Im Allgemeinen ist die Anordnung folgende: (Vergl. Taf. IX. Fig. 14, 15, 16.)

Der Hammer bekommt einen langen vertikalen, aus einer flachen schmiedeeisernen Stange bestehenden Stiel, zu beiden Seiten dieses Stiels liegen Friktionsrollen, welche von der Hauptbetriebswelle aus in Umdrehung gesetzt werden, und die durch den Arbeiter mittelst eines Hebels gegen den Hammerstiel gepreßt werden können; wenn die Reibung, welche durch den Druck des Arbeiters zwischen den Rollen und dem Hammerstiel stattfindet, hinreichend groß ist, so werden die Rollen den Hammerstiel fortbewegen und den Hammer mit in die Höhe nehmen, sobald man den Druck, mit welchem die Rollen angepreßt werden, aufhebt, wird der Hammer noch seine Bewegung aufwärts vermöge seines Beharrungsmomentes fortsetzen, bis seine Geschwindigkeit durch die Schwerkraft aufgehoben ist, und dann fällt der Hammer nieder. Wenn der Schlag erfolgt ist, preßt der Arbeiter die Friktionsrollen wieder gegen den Hammerstiel, und das Spiel beginnt von Neuem.

Die Reibung und zwar die gleitende Reibung zwischen den Friktionsrollen und dem Hammerstiel ist die bewegende Kraft, welche den Hammer hebt.

Deshalb kann dem Hammer Bewegung nach aufwärts überhaupt nur ertheilt werden, wenn:

1) die Reibung größer ist, als das Gewicht des Hammers, und
2) wenn die Rollen sich mit größerer Geschwindigkeit bewegen, als der Hammer.

Wenn nämlich der Hammerstiel und die Peripherie der Rollen gleiche Geschwindigkeit haben, so findet zwischen beiden nur wälzende Reibung statt, und es erfolgt kein Bestreben der Rollen dem Hammer einen Geschwindigkeitszuwachs zu ertheilen.

Hieraus folgt, daß die größte Geschwindigkeit, welche der Hammer bei seiner Bewegung nach aufwärts annehmen kann, gleich der Peripheriegeschwindigkeit der Rollen ist.

Wenn der Hammer ruht, und die Rollen, welche sich drehen, werden gegen den Hammerstiel gepreßt, so wird der Hammer aus der Ruhe in die Bewegung gesetzt, und der Hammer wird sich so lange mit beschleunigter Geschwindigkeit aufwärts bewegen, als die Geschwindigkeit der Peripherie der Rollen noch größer ist, als die Geschwindigkeit des Hammers. Ist der Druck zwischen den Rollen und dem Hammerstiel constant, und folglich auch der Reibungswerth constant, so wird die Beschleunigung constant sein, und man hat offenbar eine gleichförmig beschleunigte Bewegung.

Diese gleichförmig beschleunigte Bewegung kann höchstens so lange dauern, bis die Geschwindigkeit des Hammers, welche durch dieselbe entstanden ist, gleich der Peripherie-Geschwindigkeit der Rollen ist; dann bewegt sich der Hammer ebenso geschwinde, als die Rollen, und diese gleichförmige Bewegung dauert so lange, als der Druck zwischen den Rollen und dem Hammerstiel noch eine Reibung erzeugt, welche im Stande ist, dem Gewicht des Hammers das Gleichgewicht zu halten. Wird der Druck zwischen den Rollen und dem Hammerstiel plötzlich aufgehoben, so bewegt sich der Hammer mit der erlangten Geschwindigkeit als Anfangsgeschwindigkeit weiter, aber mit gleichmäßiger, durch die Schwere verzögerter Bewegung, bis seine Geschwindigkeit Null wird und er anfängt zu fallen.

Es bezeichne:

n die Anzahl der Schläge, welche der Hammer in 1 Secunde macht;
H die ganze Hubhöhe des Hammers;
G das Gewicht des Hammers;
g die Beschleunigung durch die Schwere;
P den Druck, mit welchem die Rollen gegen den Hammerstiel gepreßt werden;
μ den Reibungs-Coefficienten, folglich
μP den Reibungswerth;
p die Beschleunigung, mit welcher der Hammer sich aus dem Zustande der Ruhe bewegt, bis er die Geschwindigkeit der Peripherie der Rollen angenommen hat;
v die Geschwindigkeit der Peripherie der Rollen;
$t = \frac{1}{n}$ die Zeit, welche vom Beginn des einen Hubes bis zum Beginn des folgenden Hubes verläuft.

Von der Zeit t geht ein Theil wegen der Pause am Ende jeden Hubes, und wegen der durch die passiven Widerstände erfolgenden Hemmungen verloren; wir wollen diesen Theil t' nennen; ein anderer Theil wird zum Niederfallen des Hammers von der Höhe H verwandt; derselbe sei t'' und es ist: $t'' = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

Ein dritter Theil t''' wird zum Heben des Hammers verwandt, und zwar während der anfänglich beschleunigten Geschwindigkeit; ist die Höhe, welche der Hammer mit dieser beschleunigten Geschwindigkeit durchläuft h', so ist:

$$t''' = \sqrt{\frac{2h'}{p}}.$$

Ein vierter Theil t^{IV} wird für denjenigen Theil der ganzen Hubhöhe gebraucht, welchen der Hammer mit constanter Geschwindigkeit zurücklegt, und wenn der in diesem Zeittheil durchlaufene Weg h'' ist, so ist $t^{IV} = \frac{h^{II}}{v}$.

Ein fünfter Zeittheil t^{V} wird gebraucht, um den Hammer durch die Höhe h^{III} zu treiben, welche er vermöge seines Beharrungsvermögens durchläuft, indem er von der Schwere verzögert wird.

Dieser Zeittheil ist: $t^{V} = \sqrt{\frac{2\,h^{III}}{g}}$.

Hieraus folgt:

(1) . . . . $t = t^{I} + t^{II} + t^{III} + t^{IV} + t^{V} = \frac{1}{n}$

(2) . . . . $H = \frac{1}{2}\, g\, t^{II\,2} = h^{I} + h^{II} + h^{III}$

$$= \frac{1}{2}\, p\, t^{III\,2} + v\, t^{IV} + \frac{1}{2}\, g\, t^{V\,2}.$$

Hebt man den Druck, mit welchem die Rollen angepreßt werden, schon früher auf, als der Hammer die Geschwindigkeit der Rollen-Peripherie erlangt hat, was aus mancherlei Gründen in der Regel geschieht, so erlangt der Hammer eine geringere Geschwindigkeit, als v, etwa v'; er geht sofort aus der gleichförmig beschleunigten Bewegung in die gleichförmig verzögerte über; der Zeittheil t^{IV} ist gleich 0, und man hat außerdem:

$v' = p\, t^{III}$ nach den Gesetzen der gleichförmig beschleunigten Bewegung und

$v' = g\, t^{V}$ nach den Gesetzen der durch die Schwere gleichförmig verzögerten Bewegung.

Es ist hiernach:

$$p\, t^{III} = g\, t^{V};\ t^{IV} = 0;\ h^{II} = 0$$

$$t^{V} = \frac{p}{g}\, t^{III}.$$

Setzen wir diesen Werth in die Gleichung 2, so ergiebt sich:

(3) . . . . $H = \frac{1}{2}\, g\, t^{II\,2} = \frac{1}{2}\, p\, t^{III\,2} + \frac{1}{2}\, \frac{p^2}{g} \cdot t^{III\,2}$

$$p^2 + p\,g = g^2 \left(\frac{t^{II}}{t^{III}}\right)^2.$$

Bezeichnen wir das Verhältniß zwischen der Zeit, welche der Hammer zum Niederfallen braucht, t^{II} zu der Zeit t^{III}, welche der Hammer unter Einwirkung des Druckes der Friktionsrollen steigt, mit α, also $\frac{t^{II}}{t^{III}} = \alpha$,

so folgt:

$$p = -\ \frac{1}{2}\, g + \sqrt{\frac{1}{4}\, g^2 + g^2\, \alpha^2}$$

(4) . . . . $p = g\,[-\ \frac{1}{2} + \sqrt{(\alpha^2 + \frac{1}{4})}]$.

Nun ist aber der Druck, welcher dem Hammer die Beschleunigung p ertheilt, der Ueberschuß des Reibungswerths μP über das Gewicht des Ham-

mers, es ist folglich, da $\frac{G}{g}$ die Masse des Hammers ist, Beschleunigung $= \frac{\text{Druck}}{\text{Masse}}$

$$p = \frac{\mu P - G}{G} \cdot g \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

Setzen wir die Werthe 4 und 5 einander gleich, so ist:

$$g\left(-\tfrac{1}{2} + \sqrt{\alpha^2 + \tfrac{1}{4}}\right) = \frac{\mu P - G}{G} \cdot g$$

folglich ist der Druck P, mit welchem die Friktionsrollen gegen den Hammerstiel gepreßt werden müssen:

$$P = \frac{G}{\mu} \cdot \left(\tfrac{1}{2} + \sqrt{\alpha^2 + \tfrac{1}{4}}\right) . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (6)$$

Die Zeit t^I, welche den Zeitverlust am Ende jeden Hubes darstellt, läßt sich nur erfahrungsmäßig annehmen; sie sei ein aliquoter Theil der ganzen Zeitdauer t, so daß für die übrigen Zeittheile nur noch die Zeit φ t übrig bleibt. Wir haben sodann:

$$\varphi t = t^{II} + t^{III} + t^{V} = \varphi \cdot \frac{1}{n} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

nun ist nach dem Obigen:

$$t^{II} = \sqrt{\frac{2H}{g}};$$

$$t^{III} = \frac{t^{II}}{\alpha} = \frac{1}{\alpha}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t^{V} = \frac{p}{g} \cdot t^{III} = \frac{p}{g} \cdot \frac{t^{II}}{\alpha} = \frac{p}{g} \cdot \frac{1}{\alpha}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

folglich:

$$\frac{\varphi}{n} = \sqrt{\frac{2H}{g}}\left\{1 + \frac{1}{\alpha} + \frac{p}{g} \cdot \frac{1}{\alpha}\right\} -$$

und wenn man für p den Werth der Gleichung 4 einsetzt:

$$n = \varphi\sqrt{\frac{g}{2H}}\left\{\frac{1}{1 + \frac{1}{2\alpha} + \sqrt{1 + \frac{1}{4\alpha^2}}}\right\} . \; . \; . \; . \; . \; . \; (8)$$

Man sieht hieraus,

1) daß die Anzahl der Schläge bei gegebener Hubhöhe H und gegebener Hubpause um so größer ist, je kleiner der Nenner in der Klammer, also je größer α ist;
2) daß nach Gleichung 6 der Druck, mit welchem die Rollen angepreßt werden müssen, auch um so größer ist, je größer α ist.

Nun ist α das Verhältniß $\frac{t^{II}}{t^{III}}$ und es folgt hieraus:

je kürzer die Zeit ist, während welcher die Rollen gegen den Hammerstiel angepreßt werden, im Verhältniß zur ganzen Fallzeit

des Hammers, desto stärker muß der Druck sein, mit welchem sie angepreßt werden, und desto mehr Schläge kann bei gegebener Fallhöhe der Hammer machen.

Die Peripherie-Geschwindigkeit der Rollen soll wenigstens den Werth v' haben, oder, da $v' = p\, t'''$ ist (nach dem Obigen), so hat man, wenn man die Werthe für p und t''' einsetzt:

(9) $$v' = \sqrt{2gH}\left\{-\frac{1}{2\alpha} + \sqrt{1 + \frac{1}{4\alpha^2}}\right\}.$$

Die Werthe von φ und von α sind nur durch die Erfahrung zu bestimmen. Nach Beobachtungen an einem Friktionshammer betrug die Zahl der Schläge bei 2 Fuß Fallhöhe in einer Minute 70, und der Zeitverlust mochte etwa $1/_{25}$ der Dauer der ganzen Zeit t betragen. Hiernach ist $\varphi = 0{,}96$ und α etwa gleich 2 anzunehmen, und man hat:

(10) $$P = G\,.\,\frac{2{,}56}{\mu}$$

(11) $$n = \frac{1{,}664}{\sqrt{H}}$$

(12) $$H = \frac{2{,}76}{n^2}.$$

Nimmt man den Reibungs-Coefficienten zwischen den Rollen und dem Hammerstiel etwa 0,3 an, so ist zu setzen:

(13) $$P = 8{,}5\, G$$

es muß also der Druck, mit welchem die Rollen gegen den Hammerstiel gepreßt werden, etwa $8\frac{1}{2}$ mal so groß sein, als das Gewicht des Hammers.

Endlich hat man noch durch Gleichung 9 für die geringste Geschwindigkeit der Rollenperipherie:

(14) $$v' = 6{,}176\sqrt{H} = \frac{10{,}28}{n}.$$

Es folgen hier die Beschreibungen einiger auf der Taf. IX. dargestellter Friktionshämmer.

Taf. IX. Fig. 14 *) stellt einen Friktionshammer von 500 Pfund dar, welcher in der Werkstatt für den Bau der Weichselbrücke bei Dirschau in Anwendung ist. Fig. 14^a ist die Ansicht von einer Seite, Fig. 14^b die Ansicht von vorne, Fig. 14^c die Ansicht von oben nach der Linie v w in Fig. 14^b geschnitten. Fig. 14^d ein Querschnitt nach der Linie x y in Fig. 14^a, ferner ist Fig. 14^e die obere Ansicht des Amboskloßes (Chabotte) und Fig. 14^f der Horizontalschnitt nach der Linie p q in Fig. 14^b. Sämmtliche Figuren sind in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Bewegung des Hammers geschieht durch die beiden Friktionsrollen R^I und R^{II}, deren Wellen nach entgegengesetzten Seiten verlängert sind (vergl. Fig. 14^d), um die zu ihrer Bewegung erforderlichen Riemscheiben, sowie die

*) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte. 1855.

zur nöthigen Gleichförmigkeit der Bewegung erforderlichen Schwungräder zu tragen. Die Friktionsrolle R' ist mit ihren Lagern an dem Hammergerüst befestigt, während die Rolle R'' nach Erfordern an den Hammerstiel S angedrückt werden kann. Die Lager dieser Rolle R'' sind um den festen Punkt G drehbar, und die Pressung geschieht mittelst der Kniehebel F F durch die Schiebestange F', welche an den Hebel E anfaßt, während auf der Drehaxe dieses Hebels der Hebel D befestigt ist, der durch die Stange D' an den Hebel C angreift, welcher wieder mittelst einer dritten Stange C' mit dem Hebel P und dem Hebel N verbunden ist. Wird der Hebel N gegen das Gerüst hingedrückt, so erfolgt die Pressung, bewegt man den Hebel N zurück, die Lösung der Friktionsrollen.

B' und B'' sind zwei Bremsbacken, welche den Hammerstiel umfassen, und zwar ist B' an dem Gerüst fest, B'' aber an den Hebel C angehängt. Wird der Hebel C durch die Stange C' in die Höhe gehoben, so drückt die Verlängerung des Hebels C die Bremsbacke gegen den Hammerstiel an; um den Hammer in seinem Falle aufzuhalten, hat man also nur nöthig den Hebel N weiter von dem Gerüst zu entfernen. Das ganze Hammergerüst ist durch vier Zugstangen J J J J an den Wänden des Maschinenraums befestigt. Die Rollen R' und R'' sind nach Art der Kalanderwalzen von Papier hergestellt.

Ein anderer Friktionshammer ist auf Taf. IX. in Fig. 15 dargestellt. Fig. 15ᵃ zeigt die Vorderansicht, Fig. 15ᵇ die Ansicht von einer Seite, Fig. 15ᶜ die Ansicht von vorne, nach Abnahme des Gerüstes C und der Betriebs-Riemscheiben, Fig. 15ᵈ die obere Ansicht.

Sämmtliche Figuren in $\frac{1}{24}$ der natürlichen Größe. Die Construction ist von dem englischen Mechaniker Cassie auf den Railway Timber and Iron Works zu Gloucester.

Das Hammergerüst besteht aus einer eisernen Säule A, welche mit der Fundamentplatte B aus einem Stück gegossen ist, und an welche die beiden Seitenwangen C C angeschraubt sind, welche die sämmtlichen Betriebs-Maschinerien tragen. In der Mitte dieser Wangen ist eine Büchse D angegossen, welche zur Aufnahme starker Bolzen dient, um welche sich das bewegliche Rahmstück E E drehen kann.

An diesem Rahmstücke E E sind die Lager für die Wellen befestigt, welche zur Aufnahme der Triebräder, der Riemscheiben und der Friktionsrollen dienen.

Der erste Triebriemen F bewegt die Riemscheibe G und die auf derselben Welle befestigte Riemscheibe G', durch welche mittelst eines gekreuzten Riemens die Riemscheibe A auf der Axe H' in Bewegung gesetzt wird. Auf derselben Axe sitzt das Getriebe K, welches in das Stirnrad L auf der Axe der Friktionsscheibe N eingreift; in gleicher Weise wird von der Axe der Riemscheibe G' durch das Getriebe K' das Rad L' und die Friktionsscheibe N' getrieben. Die Rollen sind an der Peripherie mit Hirnholz belegt; um indessen bei etwaiger Abnutzung sie wieder einstellen zu können, dienen die Stellschrauben x x (Fig. 15ᵈ), und zur Feststellung in der richtigen Lage die Schrauben y y (Fig. 15ᶜ).

Die Haupteigenthümlichkeit dieses Hammers besteht in der Anwendung des drehbaren Rahmstückes E E zur Erzeugung des Druckes zwischen den Rollen

N N' und dem Hammerstiel O. Wenn der Rahmen horizontal steht, kann der Hammer fallen, indem der Hammerstiel in seiner Bewegung durch die Führungsrollen P P und Q Q gesichert wird, wenn man aber den Rahmen wenig neigt, was durch das Gewicht R bewirkt wird, so werden die Rollen gegen den Hammerstiel angedrückt und der Hammer gehoben. Soll die Pressung aufhören, so hebt man den Rahmen durch Niederdrücken des Hebels M wieder in die horizontale Lage.

Der in der Zeichnung dargestellte Hammer wiegt mit den Theilen, welche gehoben werden (Hammer und Stiel) 20 Cntr.; eine kleine Sorte von 10 Cntrn. wird auf den genannten Werken zum Schweißen von Ramaßeisen angewendet, und macht 100 bis 150 Schläge in der Minute. Die Hubhöhe ist nicht angegeben, sie würde nach unsern obigen Untersuchungen betragen für 100 Schläge etwa 1 Fuß, und bei 150 Schlägen etwas über 5¼ Zoll.

Die Construction dieses Hammers läßt sich leicht umgestalten zu einer Maschine, welche zum Zerstoßen von harten Körpern dient, indem man anstatt des Ambos einen Trog oder Mörser, und anstatt des Hammers einen Stempel anwendet.

Auf Taf. IX. Fig. 16 ist noch eine andere Construction eines Friktionshammers in einer Skizze in $^1/_{24}$ der natürlichen Größe dargestellt. Die Anordnung rührt von James Kitson in Leeds her. Der Hammerblock A wiegt etwa 5 Centner, er wird geführt durch Nuthen zwischen den Führungsstücken B B und gehoben mittelst des flachen Hammerstiels C, 5½ Zoll breit und ⅝ Zoll stark, welcher mit einem Tförmigen Kopfe bei S in dem Hammerblock befestigt ist. Der Hammerstiel wird durch die beiden Friktionsrollen D und E ergriffen. Die eine dieser Rollen E läuft lose um die Axe und die andere D ist auf der Triebwelle befestigt, welche von der Hauptbetriebswelle in continuirlicher Umdrehung erhalten wird. Das Schwungrad G dient dazu, der Bewegung eine größere Gleichförmigkeit zu geben; auf dem vordern (in der Zeichnung fortgeschnittenen) Ende der Betriebswelle befindet sich noch ein eben so großes Schwungrad. Die Rolle E wird von einem Winkelhebel H getragen, dessen fester Drehpunkt bei J liegt, und der mittelst einer über die Rolle T gehenden Kette durch das Gewicht K in die Höhe gezogen wird; hierdurch wird die Rolle E gegen den Hammerstiel und gegen die Rolle D gepreßt und der Hammer gehoben; soll die Pressung aufhören, so drückt man den Hebel H mittelst einer Zugstange und einer Handhabe L nieder. Ein zweiter Hebel O, dessen Drehpunkt bei P liegt und der durch ein Gewicht Q niedergezogen wird, dient zur Handhabung der Bremse N, welche sich gegen den Hammerstiel C klemmt und die Bewegung desselben hindert; durch die Zugstange mit der Handhabe M kann die Bremse gelüftet werden. Wenn der Hammer in Thätigkeit ist, erfaßt der Schmied mit der linken Hand den Bremshebel M und hält ihn während der Dauer der Arbeit nieder; mit der rechten Hand erfaßt er den Hebelsarm L und drückt ihn nieder, wenn der Hammer fallen soll. Durch diese beiden Hebel hat der Arbeiter den Hammer ganz in seiner Gewalt. Die Lager der Wellen und die Drehpunkte der Hebel sind durch vier Kautschuckfedern R R (zwei sind fortgeschnitten) unterstützt, wodurch man den Stoß beim Angriff der Rollen vermindern will.

Die Abnutzung des Hammerstiels in der Nähe des ersten Angriffes der Rollen soll nach Angabe von Kitson bei fortwährendem Gebrauch per Woche etwa $^1/_8$ Zoll betragen. Wenn man den Hammerstiel breiter machen wollte, würde diese Abnutzung sich vermindern.

Der Hammer soll bei

5 Fuß Hub in der Minute	25 bis 30	Schläge	(44)
2 „ „ „ „ „	40	„	(70)
14 Zoll „ „ „ „	84	„	(92)

machen. Die eingeklammerten Zahlen geben die Hubzahlen an, welche sich nach unsern oben entwickelten Formeln ergeben würden. Die so bedeutend geringeren Zahlen dürften sich dadurch erklären, daß das Gewicht, durch welches die Rolle angepreßt werden soll, bei jedem Hub steigt und fällt, und daß daher in der Wirkung dieses Gewichtes vermöge seines Beharrungsvermögens eine Verzögerung eintritt.

Jedenfalls dürfte es bei den Friktionshämmern vorzuziehen sein, die nöthige Pressung durch die Hand des Arbeiters oder durch Kautschuckfedern, aber nicht durch Gewichte zu bewirken.

Außerdem ist die geringe Zahl von Hüben durch die zu geringe Geschwindigkeit der Rollen zu erklären, welche bei 6 Zoll Durchmesser nur 132 Umdrehungen in einer Minute machen, also noch nicht $3^1/_2$ Fuß Peripherie-Geschwindigkeit besitzen, während sie bei 5 Fuß Hub wenigstens 14 Fuß Peripherie-Geschwindigkeit haben, also etwa den doppelten Durchmesser und die doppelte Zahl an Umdrehungen bekommen müßten.

§. 67.

Schwanzhämmer.

Die Hämmer, welche zu ihrem Betriebe einen besondern Motor haben (vergl. §. 65, S. 380), sind in der Regel sehr schwere Hämmer, oder solche, die eine sehr große Zahl von Hüben machen sollen. Die in den Maschinenfabriken gebräuchlichen Hämmer dieser Art sind entweder Schwanzhämmer oder es sind vorzugsweise sogenannte Dampfhämmer.

Die kleinern Schwanzhämmer werden zwar häufig auch durch Riemenbetrieb von einer Haupttriebwelle aus in Bewegung gesetzt, öfter jedoch benutzt man ein Wasserrad oder eine kleine Dampfmaschine zum Betriebe derselben.

Taf. VIII. Fig. 1 stellt einen solchen Schwanzhammer nach der in Armengaud Publication industrielle mitgetheilten Construction von Mariotte in Paris dar.

Fig. 1ª ist die Vorder-Ansicht des Hammers,
„ 1ᵇ die obere Ansicht,
„ 1ᶜ ein Vertikalschnitt durch das Hammergerüst,
„ 1ᵈ ein Horizontalschnitt durch das Lager der Hammeraxe,
„ 1ᵉ ein Schnitt nach der Linie a b in Fig. 1ª,
„ 1ᶠ ist die Ansicht des Hammerblockes,

Fig. 1^g ist die Ansicht der Ambosbahn,
„ 1^h ist ein Querschnitt nach der Linie a b in Fig. 1^a,
„ 1^i ist ein Querschnitt des Prellstockes.

Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{15}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Fig. 1^k ist ein Querschnitt durch die Schwingungsaxe des Dampfcylinders,
„ 1^l ein Schnitt nach der Linie e f in Fig. 1^e,
„ 1^m derselbe bei anderer Lage des Cylinders,
„ 1^n eine andere Anordnung für die Feder des Prellstockes,
„ 1^o ein Querschnitt der Fig. 1^n.

Diese vier Figuren sind in $^2/_{15}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Der Hammer wird durch eine besondere kleine Dampfmaschine mit oscillirendem Cylinder in Bewegung gesetzt. Der Cylinder A schwingt um seine Axe, die etwa in der Mitte seiner Höhe liegt. Fig. 1^k zeigt die Construction dieser Axe; der eine Zapfen B' ist massiv, der andere B mit zwei Kanälen versehen, welche in die Dampfwege des Cylinders münden.

Der Kopf dieses Zapfens ist von einem Gehäuse C umschlossen, welches durch die Flügel d d in zwei Kammern getheilt ist. Die eine dieser Kammern (rechts) communicirt mit dem Eintrittsrohr e für den Dampf, die andere mit dem Austrittsrohr f. Wenn der Cylinder schwingt, kommt abwechselnd der obere und der untere Dampfweg mit der Dampfkammer rechts in Verbindung, gestattet also dem Dampf den Eintritt, während gleichzeitig der entgegengesetzte Dampfkanal (also der untere oder der obere) mit der Abtheilung links in Verbindung tritt, und dem Dampf von der entgegengesetzten Seite des Kolbens den Austritt durch das Rohr f verschafft. Der Hahn e' ist der Absperrhahn für den Dampf, der Hahn f' ein Hahn, der beim Anlassen der Maschine geöffnet wird, um den Dampf behufs der Anwärmung der Maschine auf beide Seiten des Kolbens treten zu lassen. Während des Ganges der Maschine ist der Hahn f' geschlossen. Fig. 1^l zeigt den Stand der Steuerung der Maschine am Ende des Kolbenhubes, wo beide Dampfeintrittsöffnungen geschlossen sind; Fig. 1^m zeigt den Stand der Steuerung für die Mitte des Kolbenlaufs, und zwar für die Bewegung aufwärts.

Die Kolbenstange der Maschine greift unmittelbar an die Kurbel E und setzt dadurch die Schwungradwelle F in Umdrehung; bei dem geringen Kurbelhalbmesser ist eine besondere Gradführung nicht erforderlich; die Stopfbüchse und der Kolben sichern die Bewegung der Kolbenstange, namentlich wenn die Stopfbüchse lang genug ist. — Die ganze Maschine ist mit einer hölzernen Verkleidung umschlossen.

Auf der Schwungradwelle befinden sich zwei Schwungräder G und G' und zwischen beiden der Daumenring mit den Hebedaumen. Der Daumenring besteht aus einer starken cylindrischen Scheibe von Gußeisen (circa 9 $^1/_4$ Zoll lang und 26 Zoll im äußern Durchmesser), welche an ihrer äußern Peripherie 18 viereckige Löcher hat, in welchen man die Hebedaumen befestigen kann. Die Anzahl der Hebedaumen ist freilich geringer, als die Anzahl der Löcher; sie beträgt nur zwei bis drei, allein es ist zweckmäßig eine größere Anzahl von

Löchern anzuordnen, damit man die Hebedaumen nach Erfordern versetzen kann. Man hat hierbei darauf zu achten, daß niemals ein Hebedaumen auf den todten Punkt der Maschine zu stehen komme.

Die Hebedaumen sind von Schmiedeeisen, nach einem Epicykloidenbogen abgerundet, und ihre Länge richtet sich nach der Hubhöhe des Hammers.

Der Hammerstiel J ist von Ulmen-, Eschen- oder von Buchenholz; an dem Ende, auf welches die Hebedaumen wirken (Schwanz des Hammers) ist der hölzerne Stiel mit Eisen beschlagen; an dem andern Ende trägt er den Hammer, der mittelst hölzerner oder eiserner Keile befestigt ist.

Der Hammer ist von Schmiedeeisen mit verstählter Bahn; er wiegt etwa 120 Pfund. Fig. 1^{f} stellt einen etwas schwereren Hammer dar, der 128 Pfund wiegt und bei der eingeschriebenen Dimension fast 7 Zoll in der Richtung des Hammerstieles mißt.

Die größte Hubhöhe des in Fig. 1^{a} dargestellten Hammers beträgt $13\frac{3}{8}$ Zoll, wenn man nämlich bei dem größten Hube die Entfernung der Mitte der Bahn von der Mitte des Ambos mißt.

Die Achse K, um welche der Hammer schwingt, besteht aus einer starken prismatischen Hülse mit zwei Ansätzen, die in Kugelzapfen auslaufen. Der Hammerstiel ist durch die Hülse hindurch gesteckt und in derselben durch Keile festgehalten.

Das Hammergerüst ist aus Gußeisen und in sehr zweckmäßiger Weise mit dem Lagergerüst für die Welle F in einem Stück gegossen.

Der Prellstock L ist aus der Fig. 1^{a} und 1^{i} deutlich; in Fig. 1^{n} und 1^{o} ist ein anderes Federsystem für den Prellstock dargestellt. Auch die Construction der Hammerstütze M bedarf keiner nähern Erklärung.

Die Dampfmaschine bekommt bei den von Mariotte construirten Hämmern

bei einem Hammergewicht von	120 Pfund	128 Pfund.
Cylinderdurchmesser	$6\frac{5}{8}$ Zoll	8 Zoll.
Kolbenhub	$18\frac{1}{2}$ Zoll	$21\frac{3}{8}$ Zoll.
Zahl der Schläge, bei 5 Atmosphären Dampfspannung, per Minute	140	150 bis 160.

Mit diesen Hämmern kann man Stangen von 4 bis 6 Zoll Durchmesser oder Seite ausschmieden; gleichwohl sind dieselben auch für viele kleinere Gegenstände von etwa 2 Zoll Durchmesser oder Seite anwendbar.

Das Totalgewicht des Hammers mit der Maschine ganz complet beträgt etwa 10000 Zollpfund. Die beiden Seitenwangen des Gerüstes allein wiegen 2000 Zollpfund; die Grundplatte 900 bis 920 Zollpfund; die beiden Schwungräder zusammen 1300 Zollpfund.

Die Berechnung dieser Hämmer würde, wenn man berücksichtigen wollte, daß der Hammer in einem Kreisbogen fällt, indem er um eine Axe schwingt, ziemlich complicirt werden. Bei der sehr geringen Hubhöhe, welche diese Hämmer bekommen, ferner, da das Trägheitsmoment des Hammers gegen das des Stiels wesentlich überwiegend ist, und da endlich der Halbmesser des Kreisbogens, welchen der Hammer beschreibt, gegen den Bogen, welcher den Schwingungspunkt des

Hammers durchfällt, hinreichend groß ist, kann man jedoch ohne wesentlichen Fehler annehmen, daß der Schwerpunkt des Hammers in einer vertikalen Linie falle; und dann läßt sich der Hammer sehr ähnlich berechnen, wie der Fallhammer mit Hebedaumen (§. 65, S. 381).

§. 68.

Dampfhämmer.

In neuerer Zeit haben die von Nasmith zuerst mit Erfolg construirten, direct wirkenden Dampfhämmer eine sehr allgemeine Verbreitung gefunden. Man baut dieselben in allen Größen, von 4 Cntr. Hammergewicht bis zu 150 Cntr. und darüber.

Es ist natürlich, daß bei ausgedehnter Anwendung diese Hämmer vielfache Abänderungen, Verbesserungen und Umgestaltungen erfahren haben; es würde jedoch an dieser Stelle zu weit führen, wenn wir uns auf dieselben speziell einlassen wollten, wir werden später einige davon erwähnen, nachdem wir hier zunächst den eigentlichen Nasmith'schen Dampfhammer beschrieben haben.

Taf. X. stellt einen dreißig Centner schweren Dampfhammer nach der Construction von James Nasmith zu Bridgewater foundry Patricoft bei Manchester dar.

Fig. a ist eine Vorderansicht des zusammengestellten Hammers; die Steuerung in der Stellung, wo der Hammer den Hub beginnt.

Fig. b die obere Ansicht desselben.

Fig. c ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die normal ist zu Fig. a.

Fig. d das Detail der Steurung in der Stellung, wo der Hammer beginnt niederzufallen.

Fig. e ein Horizontalschnitt nach der Linie 1—2 in Fig. c.

Fig. f ein Horizontalschnitt nach der Linie 3—4 in Fig. c.

Fig. g ein Horizontalschnitt nach der Linie 5—6 in Fig. d.

Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{16}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Das Hammergerüst besteht aus zwei starken Ständern von Gußeisen A A, welche durch Schraubenbolzen und Keile auf einer breiten Grundplatte B befestigt sind, die auf festem Mauerwerk in der Höhe der Herdsohle der Hütte oder der Schmiedewerkstatt gelagert ist. Die Ständer tragen auf ihren obern Enden ein Kopfstück C, auf dessen oberer Basis der Dampfcylinder D aufgeschraubt ist, während in dem Kopfstück selbst die Dampfwege und die Schieberbahn gebildet sind.

Die Kolbenstange E geht durch eine Stopfbüchse in der Mitte dieses Kopfstückes und ihr unteres Ende ist unmittelbar an dem Hammerblock F befestigt, welcher zwischen vorspringenden Federn an der innern Seite der Ständer A A mittelst eingehobelter Nuthen frei gleiten kann, und durch diese Einrichtung geradlinigt geführt wird.

Der eigentliche Hammer a ist mittelst schwalbenschwanzförmigen Ausschnittes in dem untern Theile des Hammerblockes eingesetzt und wird durch hölzerne Zwischenlager und mittelst eiserner Keile darin festgehalten, während der Ambos b in ähnlicher Weise in der Chabotte G befestigt ist.

Um den Hammerblock zu erheben und nach Vollendung der Hubhöhe wieder fallen zu lassen, dient folgende Anordnung.

Der Dampf wird durch das Rohr H der Maschine von einem in der Nähe befindlichen Hochdruck-Dampfkessel zugeführt und kann durch den Schieber c (Fig. f), der sich in dem Gehäuse I bewegt, abgesperrt und zugelassen werden. Dieser Absperrschieber wird mittelst der Zugstange und des Hebels d von dem Arbeiter regiert; durch denselben gelangt der Dampf in den eigentlichen Schieberkasten J, in welchem sich der Steurungsschieber e bewegt.

Dieser Steurungsschieber e hat den Zweck, den Dampf entweder durch den Eintrittsweg f unter den Kolben treten zu lassen, oder denselben aus dem Cylinder durch die Schieberhöhlung nach dem Ausgangswege g und von da durch das Ausblaserohr k in die Atmosphären zu entlassen. Die hierzu erforderliche auf- und niedersteigende Bewegung des Schiebers kann der Arbeiter entweder mit der Hand bewirken, oder er kann dieselbe auch von dem selbstthätigen Mechanismus der Maschine herbeiführen lassen.

Der Kolben L ist ganz aus Schmiedeeisen mittelst eines einfachen Liderungsringes gedichtet und unmittelbar an der Kolbenstange E befestigt.

Man sieht leicht, daß wenn man den Schieber e so stellt, daß der Dampf mit einer hinreichend großen Spannung unter den Kolben tritt, der Hammer gehoben wird, und zwar zu jeder beliebigen, innerhalb des Kolbenlaufes befindlichen Höhe, daß aber der Hammer der Einwirkung der Schwere folgt und niederfällt, wenn man den Steurungsschieber e hinaufzieht, und so den Raum unter dem Kolben mit der Atmosphäre in Verbindung setzt. Diese Einrichtung läßt sich für Hämmer von jedem gegebenen Gewicht anordnen, und ist bis zur Hubhöhe von 7 bis 8 Fuß leicht ausführbar.

Um nun in jedem Falle sicher zu gehen, daß der Hammer nicht zu hoch gehoben und der Kolben nicht gegen den Deckel geschleudert werde, ist eine sehr einfache Vorrichtung, die gewissermaßen einen elastischen Luftpuffer bildet, angeordnet worden. Der obere Cylinderdeckel nämlich ist luftdicht aufgesetzt, und sobald der Kolben bis über die Durchbohrungen h h h in dem obern Theile des Cylinders gehoben ist, sperrt er die Luft, die sich zwischen dem Kolben und dem Cylinderdeckel befindet, vollständig ab, comprimirt dieselbe, und da sie keinen Ausweg hat, so wird durch diese Compression nicht allein das Bewegungsmoment, welches der Kolben nach aufwärts besitzt, vollständig aufgenommen, und demselben entzogen, sondern es wirkt auch noch die Elasticität der comprimirten Luft, um das Bewegungsmoment theilweise auf den Hammer beim Niederfallen zu übertragen, und so die Fallgeschwindigkeit des Hammers zu vergrößern. Die ebengenannten Durchbohrungen hhh dienen übrigens zugleich noch als Sicherheits-Vorrichtungen, denn wenn der Kolben wirklich so weit gehoben werden sollte, daß dieselben unterhalb des untern Kolbenrandes sich befinden, so entweicht der wirkende Dampf durch die Oeffnungen h h in den Kanal i und durch diesen in das Ausblaserohr K.

Ein Gegenstand von großer Wichtigkeit ist noch die Befestigung der Kolbenstange in dem Hammerblock.

Da nämlich der Kolben und die Kolbenstange beim Niederfallen kein unbeträchtliches Moment haben, so wirkt dies stets als Stoß auf die Befestigungsstelle; und es ist daher nöthig, hier eine elastische Verbindung herzustellen. Die von Nasmith angegebene hat sich bis jetzt noch am besten bewährt. Die Kolbenstange hat unten einen Kopf j, welcher in eine entsprechende Höhlung des Hammerblockes hineinreicht, unterhalb dieses Kopfes ist die Höhlung mit einigen Lagen von Brettstücken aus hartem Holze (Fig. c) ausgefüllt; über dem Kopf liegen noch einige solche Brettstücke, und das Ganze wird durch die Keile k k zusammengehalten.

Wir gehen jetzt auf die Beschreibung des Mechanismus über, durch welchen der Steurungsschieber e durch die Maschine selbstthätig bewegt wird.

Die Schiebestange l ist nach aufwärts verlängert, und greift hier an einen kleinen Dampfkolben m an, der sich in einem kurzen Dampfcylinder M bewegen kann, der an den Hauptcylinder D angebolzt ist; durch ein kleines biegsames Kupferrohr n wird von dem Schieberkasten J des Steurungsschiebers e eine kleine Quantität Dampf über den Kolben m geführt; hierdurch wird, wie leicht ersichtlich, der Kolben m und mit demselben der Schieber e niedergedrückt, wenn nicht ein stärkerer Widerstand den Dampfdruck auf den Kolben m daran verhindert. Jedenfalls besteht die Tendenz, den Schieber in die in Fig. e gezeichnete Stellung zu bringen, den Eintrittsweg des Dampfes f mit der Dampfkammer J in Verbindung zu setzen, und hierdurch den Hauptkolben D und mit demselben den Hammer F zu heben. Jene dem Dampfdruck auf den Kolben m entgegenwirkende Kraft wird zunächst von dem Hammer selbst ausgeübt; denn vermöge des Knaggens N, welcher an den Hammerblock angeschraubt ist, und welcher, wenn der Hammer hoch genug gehoben ist, eine kleine Friktionsrolle auf dem Hebelende o des Winkelhebels O erfaßt, und dieselbe zur Seite drängt, wird das entgegengesetzte Ende dieses Hebels O niedergezogen, mit diesem aber die an demselben befestigte, mit einem Schraubengewinde versehene Zugstange P, und die daran mittelst des Gehänges p angeschlossene Stange Q und endlich das eine Ende des Hebels R. Das andere Ende dieses Hebels greift an die Schieberstange l an, und da es durch jene eben beschriebene Bewegung gehoben wird, so wird auch der Schieber e gehoben, läßt den Dampf unter dem Kolben D entweichen, und den Hammer niederfallen. Durch diese einfache Vorrichtung wird bewirkt, daß der Hammer selbst, wenn er hoch genug gehoben ist, den Steurungsschieber in die Höhe zieht, und dadurch zum Niederfallen gezwungen wird. Um übrigens jeden Stoß auf den Schieber e zu vermeiden, wenn der Knaggen N an den Hebel O angreift, ist das Gehänge bei p ähnlich construirt, wie die Verbindung der Kolbenstange E mit dem Hammerblock F, und schließlich ist noch zu bemerken, daß die Zugstange P an ihrem untern Ende mit einem kleinen Luftpuffer S versehen ist, welcher verhindert, daß sie durch den Kolben m, wenn derselbe der Einwirkung des Dampfes folgen kann, zu weit in die Höhe gezogen werde.

Es ist einleuchtend, daß die Hubhöhe des Hammers bedingt ist durch

den Augenblick, in welchem der Dampf unter dem Hammer zu entweichen beginnt, wo also der Knaggen N den Hebel O erfaßt, und durch die vorhin beschriebene Einrichtung den Schieber e in die Höhe zieht. Könnte man den Drehpunkt des Hebels, und folglich den ganzen Hebel O herauf- oder herunterrücken, so würde man dadurch den Hub des Hammers vergrößern oder vermindern können. Um dies zu bewirken, ist der Drehpunkt des Hebels O an einer, mit einer Schraubenmutter versehenen Hülse befestigt, durch welche die Schraubenspindel U hindurch geht; ähnlich ist der Angriffspunkt des Hebels O an der Zugstange P gestaltet; die beiden Schrauben P und U haben entgegengesetzte Gewinde (P ein Rechts-, U ein Links-Gewinde), dreht man dieselben also nach entgegengesetzten Richtungen, so schrauben sich die Muttern, welche den Stützpunkt und den Angriffspunkt des Hebels O bilden, in demselben Sinne, und zwar entweder herauf oder herunter. Die Drehung der beiden Schraubenspindeln nach entgegengesetzter Richtung wird durch die beiden kleinen Stirnräder rr vermittelt, welche ineinander greifen; es ist also nur nöthig die eine von beiden Spindeln zu drehen, um auch der andern die entsprechende Bewegung mitzutheilen. Um die Spindel P zu drehen, dienen die konischen Räder qq und die Kurbelwelle T.

Durch Umdrehung der Kurbel T wird also die Hubhöhe des Hammers regulirt. Da übrigens die Spindel P zugleich Zugstange für den Hebel R ist, so muß sie sich mittelst Nuthe und Feder sowohl durch das Rädchen r als durch das konische Rädchen q hindurchschieben lassen. V und W sind Gerüststücke, welche theils zur Unterstützung, theils zum Schutze der eben genannten Theile dienen.

Sobald der Hammer seinen höchsten Stand erreicht hat, und sobald also durch den Knaggen N, den Hebel O, die Zugstangen P und Q, den Hebel R und die Stange l der Schieber e in die Höhe gezogen ist, würde, indem der Hammer niederfällt und der Knaggen N den Hebel O verläßt, der Dampfdruck auf den Kolben m den Schieber wieder niederdrücken und den Dampfeintritt unter den Kolben L bewirken, wenn man nicht dafür Sorge trägt, daß der Kolben m und der Schieber e in der erhobenen Stellung fest gehalten werden. Hierzu dient ein Ansatz am untern Ende der Zugstange P, gegen welchen sich der Winkelhebel wy mit seinem Arm w stemmt, sobald die Stange P weit genug herabgezogen ist (vergl. Fig. d). Soll nun der Dampf wieder unter den Kolben L treten, gleichviel ob der Hammer seinen Schlag schon ausgeführt hat, oder ob man denselben im Falle aufhalten will, so braucht der Arbeiter nur die Handhabe y in die Höhe zu drücken, dann dreht er den Hebelsarm w von dem Stangenansatz fort, der Dampf kann den Kolben m und den Schieber e niederdrücken, und beide wieder in die Lage der Fig. c bringen.

Um indessen diese Operation nicht durch den Arbeiter, sondern selbstthätig durch den Hammer zu bewirken, und zwar gleich nach dem Augenblick, in welchem der Hammer unten aufschlägt, dient folgende sinnreiche Einrichtung: Es ist ein System von drei Winkelhebeln ttt angeordnet; der eine dieser Hebel ist auf der Welle des Hebels wy befestigt; durch entsprechende Stangen v

sind die Hebel verbunden, namentlich hängen die beiden vertikal über einander liegenden Hebel durch die Verbindungsstange s mit einander zusammen. Wird die Stange s durch irgend eine Veranlassung von rechts nach links gedrückt, so drehen sich die Winkelhebel tt, und folglich auch der Hebelsarm w, und zwar so, daß die Ausklinkung der Stange P erfolgt. Soll also der Hammer, indem er aufschlägt, zugleich die Ausklinkung der Stange P, und dadurch die Umstellung des Schiebers e aus der höchsten Stellung in die Stellung der Fig. c bewirken, so ist nur nöthig, im Moment des Aufschlagens eine seitliche Verschiebung der Stange s zu bewirken. Zu diesem Zwecke ist an den Hammerblock der Hebel X befestigt, dessen kürzeres Ende fortwährend die Stange s beinahe berührt, während das längere und schwerere Ende durch eine Feder aufwärts gedrückt wird. In dem Augenblick, wo der Hammer aufstößt, und folglich seine Bewegung nach abwärts aufhört, behält das längere Ende des Hebels X sein Bewegungs-Moment abwärts, welches erst durch die Compression der Feder aufgenommen wird; es erfolgt vermöge dieser Bewegung eine Drehung des Hebels X, dadurch ein Seitendruck des kürzeren Hebelarms gegen die Schiene s und folglich eine Auslösung des Klinkhebels w und die Umstellung des Schiebers e auf die mehrfach erwähnte Weise.

Während der Arbeiter mittelst des Hebels y es in seiner Gewalt hat, in jedem Augenblick den Schieber e niederzubringen und den Dampf unter den Kolben L zu lassen, wodurch der Fall des Hammers gemäßigt, oder der Hammer gehoben werden kann, dient ein anderer Hebel z dazu, den Schieber in jedem Augenblick in die Höhe zu ziehen, und den Dampf aus dem Cylinder herauszulassen, folglich den Hammer zum Fall zu bringen, noch bevor der Knaggen N den Hebel O erfaßt hat.

Bei Hämmern, welche ein hohes Hammergerüst haben, wie der hier gezeichnete, ist noch eine Plattform Y mit einem Geländer Z angebracht, auf welche der Arbeiter steigt, um bequem zu den Hebeln y z und d gelangen zu können.

Die Berechnung der Dampfhämmer

läßt sich in ganz ähnlicher Weise, wie diejenige der Friktionshämmer (§. 66) durchführen.

Es sei:

n die Anzahl der Schläge des Hammers in einer Secunde,
H die ganze Hubhöhe des Hammers in Fußen,
G das Gewicht des Hammers und derjenigen Theile, welche gehoben werden sollen, in Zollpfunden,
g die Beschleunigung durch die Schwere,
F der Flächeninhalt des Dampfkolbens in Quadratzollen,
s die Spannung des Dampfes in Zollpfunden für die Einheit der Kolbenfläche,
p die Beschleunigung, mit welcher der Hammer aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung gesetzt wird.

Nehmen wir an, der Dampf wirke bis zu dem Augenblick, wo er ausbläst, mit voller Spannung, so daß wir auf eine Expansionswirkung desselben ver-

zichten, so ist während der Zeit, in welcher der Dampf wirkt, und welche mit t bezeichnet werden mag, der Ueberdruck des Dampfes auf den Hammer $Fs - G$ als constant anzusehen, folglich die Beschleunigung

$$p = \frac{Fs - G}{G} \cdot g \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

die Höhe h', welche der Hammer mit beschleunigter Bewegung ersteigt, und die Geschwindigkeit v', welche der Hammer erlangt

$$h' = \tfrac{1}{2} p t'^2; \; t' = \sqrt{\frac{2h'}{p}}; \; v' = pt'. \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

Von dem Augenblick an, in welchem der Dampf ausbläst, bewegt sich der Hammer mit verzögerter Geschwindigkeit weiter aufwärts; wird diese Geschwindigkeit allein durch die Schwere verzögert, so hat man die fernere Steighöhe h'' und die dazu erforderliche Zeit t'' durch die Bedingungs-Gleichungen

$$v' = g t'' \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

$$t'' = \sqrt{\frac{2h''}{g}}; \; h'' = \tfrac{1}{2} g t''^2.$$

Nach Vollendung des Hubes fällt der Hammer, allein durch die Schwere beschleunigt, und man hat

$$H = \tfrac{1}{2} g t'''^2; \; t''' = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \ldots \ldots \quad (4)$$

Beträgt nun die Zeit von dem Beginn des einen Hubes bis zum Beginn des folgenden t, so ist

$$t = \frac{1}{n} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

und wenn der Zeitverlust, d. h. der Theil der Zeit t, welcher weder zum Heben noch zum Fallen des Hammers verwandt werden kann, ein aliquoter Theil von t ist, so können wir setzen

$$t' + t'' + t''' = \varphi t = \frac{\varphi}{n}.$$

Da nun aus 2 und 3 folgt:

$$pt' = gt''; \; t'' = \frac{p}{g} t' \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

so hat man auch

$$t'\left(1 + \frac{p}{g}\right) + t''' = \varphi t = \frac{\varphi}{n}.$$

Bezeichnen wir wieder das Verhältniß zwischen der Zeit, welche der Hammer zum Niederfallen braucht, t''', zu der Zeit, während welcher der Dampfeintritt stattfindet, mit α, also

$$\frac{t'''}{t'} = \alpha \quad \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

so hat man

$$t'''\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{p}{\alpha \cdot g} + 1\right) = \sqrt{\frac{2H}{g}}\left\{\frac{1}{\alpha} + \frac{p}{g} \cdot \frac{1}{\alpha} + 1\right\} = \frac{\varphi}{n}. \quad (8)$$

Außerdem aber ist:

$$h' + h'' = H = \tfrac{1}{2}\, p\, t'^2 + \tfrac{1}{2}\, g\, t''^2 = g\, t'''^2$$

folglich nach 6 und 7

$$p^2 + pg = g^2 . \alpha^2$$

daher, wie in §. 66

(9) $$p = g\left(-\tfrac{1}{2} + \sqrt{\alpha^2 + \tfrac{1}{4}}\right)$$

und wenn man dies in Gleichung 1 und in Gleichung 8 einsetzt, so ergiebt sich

(10) $$F . s = G\left(\tfrac{1}{2} + \sqrt{\alpha^2 + \tfrac{1}{4}}\right)$$

(11) $$n = \varphi \sqrt{\frac{g}{2\,H}} \left\{ \frac{1}{1 + \frac{1}{2\alpha} + \sqrt{1 + \frac{1}{4\,\alpha^2}}} \right\}.$$

Endlich folgt noch aus 10

(12) $$\alpha = \sqrt{\frac{F.s}{G}\left(\frac{F.s}{G} - 1\right)}.$$

Aus dieser Darstellung ergiebt sich:

1) Bei einem gegebenen Dampfhammer, dessen Kolbenquerschnitt und dessen Gewicht gegeben ist, und bei welchem das Bewegungs-Moment, welches der Hammer aufwärts besitzt, nur durch die Schwere vernichtet wird, ist α und folglich *die Zahl der Hübe bei gegebener Hubhöhe um so größer, je höher die Dampfspannung ist*, und zwar ergiebt sich die Anzahl der Schläge in einer Secunde, wenn man den Werth 12 in die Gleichung 11 einsetzt und gehörig umformt

(13) $$n = \varphi \sqrt{\frac{g}{2\,H}} \left\{ \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{G}{F\,s}}}} \right\}.$$

2) Bei demselben Hammer ist bei gegebenem Dampfdruck *die Anzahl der Schläge um so größer, je kleiner die Hubhöhe ist.*

3) Bei einem Dampfhammer, dessen Kolbenquerschnitt F, dessen Hubhöhe H, dessen Dampfdruck s und dessen Hammergewicht G gegeben sind, kann man die Anzahl der Schläge nur dadurch vermehren, daß man

a) *die Zeit verkürzt*, welche der Hammer *nach dem Dampfaustritt* noch durch sein Beharrungsvermögen zu steigen hat, oder

b) *die Fallzeit vermindert*, indem man dem Hammer noch einen *Zuwachs* an Geschwindigkeit zu derjenigen, die er durch den freien Fall erlangen würde, ertheilt.

Diese beiden letztgenannten Methoden hat man gewöhnlich vereinigt, und zwar entweder indem man

α) das System des *Luftpuffers*, welches schon oben beschrieben wurde, in ausgedehnterem Maaße in Anwendung gebracht hat, oder indem man

β) den Hammer, indem er gehoben wird, oben gegen querüber gelegte parabolische Stahlfedern (50 Zoll lang, 3 Zoll breit, $^5/_9$ Zoll stark, doppelt zusammen gelegt und durch Holzklötze in ihren Vibrationen beschränkt)

schlagen ließ. Man hat auf diese Weise bei kleinen Hämmern die Zahl der Schläge um die Hälfte (von 80 auf 120) vermehrt; oder endlich

γ) indem man im Augenblick des Austrittes des unter dem Kolben wirksam gewesenen Dampfes neuen Dampf über den Kolben treten läßt (Hämmer mit Oberdampf).

Wendet man keine dieser Methoden an, so läßt sich die Höhe, in welcher der Dampfaustritt erfolgen muß, im Verhältniß zur ganzen Hubhöhe leicht aus dem Obigen bestimmen, denn es ist:

$$\frac{h'}{H} = \frac{p\,t'^2}{g\,t'''^2} = \frac{p}{g} \cdot \frac{1}{\alpha^2} = \frac{-\,{}^1\!/_2 + \sqrt{\alpha^2 + {}^1\!/_4}}{\alpha^2} = \frac{G}{F\,s}. \quad . \quad (14)$$

Es muß sich also verhalten die Höhe, welche der Hammer unter Einwirkung des vollen Dampfdruckes durchläuft, zu der ganzen Hubhöhe des Hammers, wie sich das Gewicht des Hammers zu dem Totaldruck des Dampfes auf den Kolben verhält.

Nach Vergleichung gut construirter Dampfhämmer lassen sich für die Ausführung folgende constructive Annahmen machen:

1) Der Zeitverlust beträgt etwa 4 Procent der ganzen Zeit, also $\varphi = 0{,}96$.

2) Auf jedes Pfund des Hammergewichtes kann man etwa 2,7 Pfund wirksamen Dampfdruck auf den Kolben rechnen; es ist also

$$\frac{F\,s}{G} = 2{,}7.$$

3) Die größte Hubhöhe, auf welche der Hammer berechnet wird, ist durch die empirische Formel $H = {}^1\!/_{17}\,\sqrt{G}$ zu bestimmen. (H Hubhöhe in preuß. Fußen; G Hammergewicht in Zollpfunden.)

Läßt man diese Werthe gelten, so hat man:

1) den Cylinderdurchmesser d in Zollen

$${}^1\!/_4\,\pi\,d^2 = F = 2{,}7\,\frac{G}{s}; \quad d = 1{,}85\,\sqrt{\frac{G}{s}}$$

(G Hammergewicht, s wirksamer Dampfdruck pro □Zoll Kolbenfläche, beides in Zollpfund.)

2) Die Anzahl der Schläge in einer Secunde bei der größten Hubhöhe:

$$n = \frac{1{,}68}{\sqrt{H}} = \frac{6{,}92}{\sqrt[4]{G}}.$$

Nehmen wir eine wirksame Dampfspannung von 3 Atmosphären oder 42 Zollpfund auf jeden Quadratzoll an, so ergeben sich folgende constructive Verhältnisse für die Dampfhämmer.

Gewicht des Hammers in Zollpfunden.	Durchmesser des Kolbens in preuß. Zollen bei 3 Atmosphären Druck.	Größte Hubhöhe des Hammers in Fußen.	Anzahl der Schläge in	
			einer Secunde.	einer Minute.
100	2,855	0,588	2,19	131
200	4,037	0,82	1,85	111
300	4,946	1,02	1,66	100
400	5,710	1,18	1,54	92
500	6,384	1,31	1,46	90
600	6,995	1,44	1,40	84
700	7,554	1,56	1,34	80
800	8,073	1,66	1,30	78
900	8,575	1,77	1,26	76
1000	9,028	1,86	1,23	74
1500	11,057	2,28	1,12	67
2000	12,767	2,63	1,04	62
2500	14,275	2,88	0,99	59
3000	15,637	3,22	0,94	57
3500	16,891	3,48	0,90	54
4000	18,058	3,72	0,87	52
4500	19,132	3,94	0,85	51
5000	20,188	4,16	0,82	49
6000	22,114	4,56	0,78	47
7000	23,885	4,92	0,76	46
8000	25,534	5,26	0,73	44
9000	27,085	5,58	0,71	43
10000	28,550	5,88	0,69	41

Um aus der Kolumne 4 und 5 die Anzahl der Schläge bei einer andern Dampfspannung als die angenommene (42 Pfund pro Quadratzoll Kolbenfläche) zu finden, hat man die Zahlen dieser Kolumne noch mit dem Verhältniß (Gleichung 12)

$$\frac{n'}{n} = \frac{1 + \sqrt{\frac{F\,s}{F\,s - G}}}{1 + \sqrt{\frac{F\,s'}{F\,s' - G}}} = \frac{2,265}{1 + \sqrt{\frac{s'}{s' - 15,6}}}$$

zu multipliciren. Hat man z. B. einen Hammer von 3000 Pfund Hammergewicht, und wendet man statt 3 Atmosphären Ueberdruck deren 4 an, so macht er 0,94 . 1,04 = 0,98 Schläge per Secunde oder circa 58 per Minute, und bei zwei Atmosphären oder 28 Pfund Ueberdruck 0,94 . 0,905 = 0,85 per Secunde oder 51 per Minute. Man sieht also, daß die Aenderung der Dampfspannung keine sehr beträchtliche Aenderung der Geschwindigkeit des Hammers giebt, so lange diese Dampfspannung sich in der Nähe von 3 Atmosphären hält.

Nachträgliche Bemerkungen über Dampfhämmer.

Bei der obigen Berechnung der Dampfhämmer ist auf die Reibung des Kolbens und der Kolbenstange keine Rücksicht genommen, sondern nur auf das Hammergewicht; die Widerstände der Reibung erfordern aber zu ihrer Ueberwindung eine Vermehrung der Dampfspannung von etwa $^1/_9$ des eben als wirksame Dampfspannung bezeichneten Werthes, so daß man den Gesammtdruck des Dampfes auf den Kolben $(2,7 + {}^1/_9 \,.\, 2,7)$ d. i. gleich dem dreifachen Hammergewicht rechnen kann, oder mit andern Worten, man hat von dem Totaldruck des Dampfes auf den Kolben nur $^9/_{10}$ als wirksamen Druck in die obige Berechnung einzuführen.

Gegenwärtig construirt man die Steuerung der Dampfhämmer nach einem etwas abgeänderten System. Bei sehr leichten Hämmern wendet man anstatt des kleinen Dampfkolbens m (Taf X.) zur Bewegung des Schiebers einen Kautschuckpuffer an, durch welchen der Schieber in ganz ähnlicher Weise, wie oben beschrieben, stets niedergedrückt wird, während beim Erheben des Hammers der Schieber in die Höhe gezogen, der Gummipuffer comprimirt und abgestützt wird. Bei sehr schweren Hämmern dagegen läßt man jetzt in der Regel die selbstthätige Steuerung fort und steuert den Hammer nur mit der Hand.

Den Kolben und die Kolbenstange sucht man so leicht als irgend möglich zu construiren. Man macht daher am besten beide aus Gußstahl, schmiedet sie in einem Stück und giebt dem Kolben an der äußern Peripherie ringförmige Nuthen von etwa 2 Linien Tiefe und Höhe, in welche man zur Liderung Ringe aus passenden dünnen Stahlstangen einlegt.

Um den Raum um den Ambos und den Hammer frei zu bekommen, hat man leichte Hämmer auch wohl mit ihrem Cylinder und den Führungen an der Decke der Werkstatt aufgehängt, so daß man selbst sehr große Blechtafeln zu Kesselböden unter einem Dampfhammer treiben kann.

Die wichtigsten Umgestaltungen des Nasmith'schen Dampfhammers sind die Dampfhammer-Constructionen von Condié und die von Dahlen.

Der Condié'sche Dampfhammer benutzt zugleich das Gewicht des Cylinders als wirksames Hammergewicht und umgeht dadurch die Schwierigkeiten in der Befestigung der Kolbenstange an den Hammerblock. Die Kolbenstange und der Kolben sind bei dieser Construction feststehend, der Cylinder, welcher unmittelbar die Fortsetzung des Hammerblockes bildet, schiebt sich mit dem daran hängenden Hammer auf dem Kolben hin und her. Der Dampf tritt durch die Kolbenstange aus und ein und zwar tritt derselbe, wenn der Hammer gehoben werden soll, zwischen die Oberfläche des Kolbens und den obern, die Kolbenstange mittelst Stopfbüchse dampfdicht umschließenden Cylinderdeckel. Diese Hämmer haben mancherlei Vortheile vor den Nasmith'schen voraus, erfordern aber größere Aufsicht und Sorgfalt in der Behandlung, und sind nicht selten unbequemen Reparaturen unterworfen; sie haben daher eine so große Verbreitung wie die Nasmith'schen Hämmer nicht gefunden. Dagegen versprechen die neuerdings von Dahlen

construirten Dampfhämmer mancherlei Vortheile. Hier hat man die Kolbenstange mit als Hammergewicht nutzbar gemacht, indem man sie außerordentlich verstärkt und mit dem Hammerblock in einem Stück gegossen hat, oder vielmehr man hat den ganzen Hammerblock als Kolbenstange gestaltet. Der Cylinder muß dann einen entsprechend großen Durchmesser bekommen, damit der Dampfdruck auf die ringförmige Kolbenfläche, welche neben der starken Kolbenstange noch übrig bleibt, hinreichende Wirksamkeit habe. Der Dampf, welcher auf diese ringförmige Kolbenfläche gewirkt hat, tritt nicht sogleich in die Atmosphäre, sondern über den Kolben, wo er, indem er auf eine bedeutend größere Fläche wirkt, expandirt und dem Hammer noch ein Bewegungs-Moment abwärts mittheilt. Diese Hämmer zeichnen sich dadurch aus, daß sie sich viel niedriger aufbauen, als die von Nasmith, da die Kolbenstange der Nasmith'schen Hämmer mit dem Hammerblock zusammenfällt; die Hauptschwierigkeit dürfte in der sehr großen Stopfbüchse, welche die schwere Kolbenstange dampfdicht umschließen muß, und in der dadurch bedingten nicht unbedeutenden Reibung zu finden sein. Die Fabrik von L. Schwarzkopff in Berlin baut dergleichen Hämmer auch in der Form, daß sie nur von einer Seite her unterstützt sind, der Raum um den Ambos also fast ringsum zugänglich bleibt.

Die Anwendung des hydrostatischen Druckes an Stelle des Dampfdruckes, welcher in neuerer Zeit zur Bewegung von Hämmern, die nach Art der Dampfhämmer construirt sind, mehrfach versucht worden ist, dürfte wegen der bedeutenden Masse, welche das Wasser besitzt und welche es zu alternirenden Bewegungen mit einiger Geschwindigkeit nicht sehr geeignet macht, auf mancherlei Schwierigkeiten stoßen. Ebenso scheint die Anwendung des pneumatischen Druckes comprimirter Luft zur Bewegung von Hämmern noch keine besonders günstige Erfolge geliefert zu haben.

Schließlich ist noch der von Hoffmann in Breslau ausgeführten Dampfhämmer mit Balancier Erwähnung zu thun, bei welchen der Cylinder an dem einen Ende, der Hammer an dem andern Ende eines Balanciers wirksam sind; auch diese Construction hat nicht viel Nachahmer gefunden.

§. 69.

Gesenke, Schrotmeißel, Durchschlag, Nageleisen und deren Gebrauch.

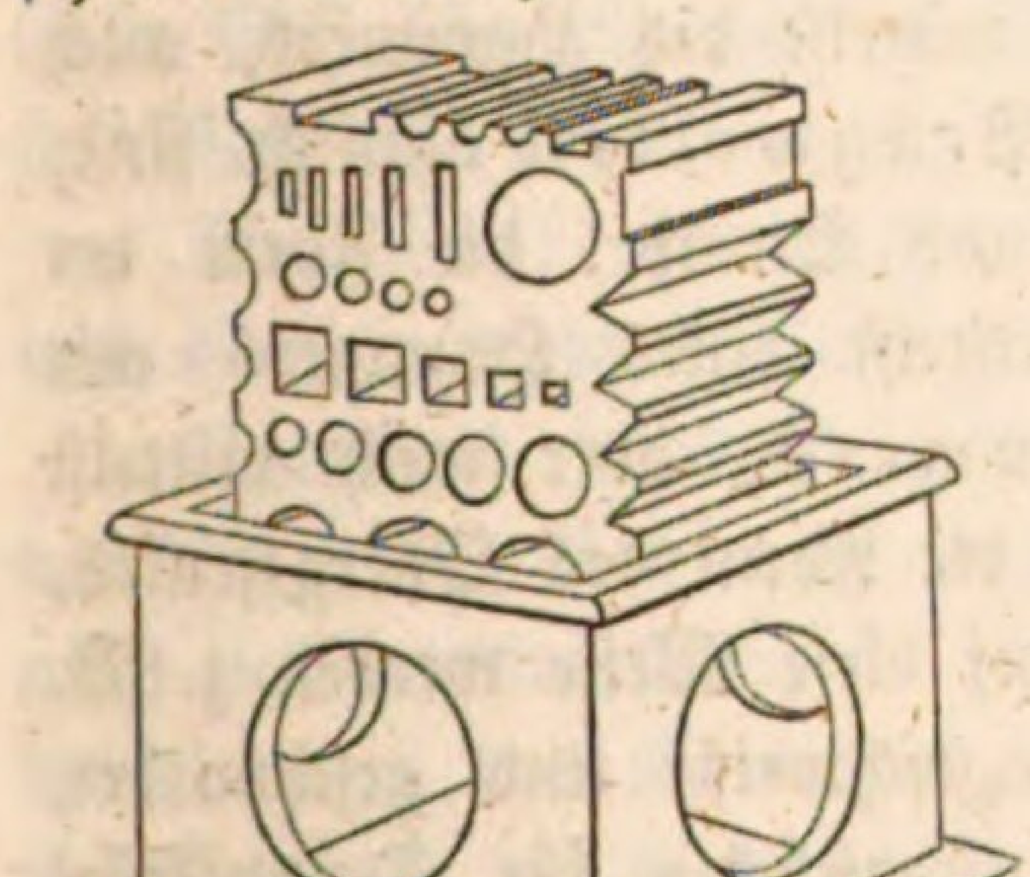
Indem wir zu der im Anfange des §. 63 gegebenen Uebersicht zurückkehren, wenden wir uns jetzt zu der Beschreibung der Construction und des Gebrauches derjenigen Schmiedewerkzeuge, welche zur Darstellung geschmiedeter Formen dienen, welche sich durch Hammer und Ambos also nicht erreichen lassen. Hierher gehören vornämlich:

1) die Gesenke,
2) die Schrotmeißel und Abschrote,
3) der Durchschlag und Lochring,
4) das Nageleisen und Stempel.

1) Die Gesenke dienen zum Schmieden runder Gegenstände, auch solcher, welche andere Begrenzungsflächen als ebene und sich paarweise gegenüberliegende bekommen sollen; sie sind nichts anders als hohle Formen für die plastisch darzustellenden Körperformen, und werden aus Schmiedeeisen mit verstählten Bahnen angefertigt. Wenn der Gegenstand so beschaffen ist, daß eine seiner Begrenzungen eine ebene Fläche ist, die übrigen aber innerhalb eines auf dieser Ebene als Grundfläche zu beschreibenden Prismas liegen, so kann man denselben in einem einfachen Gesenk darstellen; wenn dagegen die Gestalt eine andere ist, so muß sich die hohle Form für denselben theilen lassen und man bekommt ein sogenanntes doppeltes Gesenk, oder ein Gesenk mit Obertheil und Untertheil. Einfache oder eintheilige Gesenke wendet man auch oft an, um die Schmiedearbeit zu erleichtern, selbst wenn die Form des Stückes sich auch ohne Anwendung eines Gesenkes herstellen läßt; so bedient man sich zum Schmieden der viereckigen und der sechseckigen Schraubenmuttern der eintheiligen Gesenke (Holzschnitt 27), welche mit einer Handhabe, und in der Mitte mit einer Oeffnung versehen sind. Nachdem die Mutter in dem Gesenk geschmiedet ist, dreht man dasselbe um und stößt durch die kleine Oeffnung das geschmiedete Stück heraus. Andere Gegenstände, welche sich in eintheiligen Gesenken schmieden lassen, stellt man mittelst des Gesenkstockes (§. 63 Holzschnitt 11 dar.)

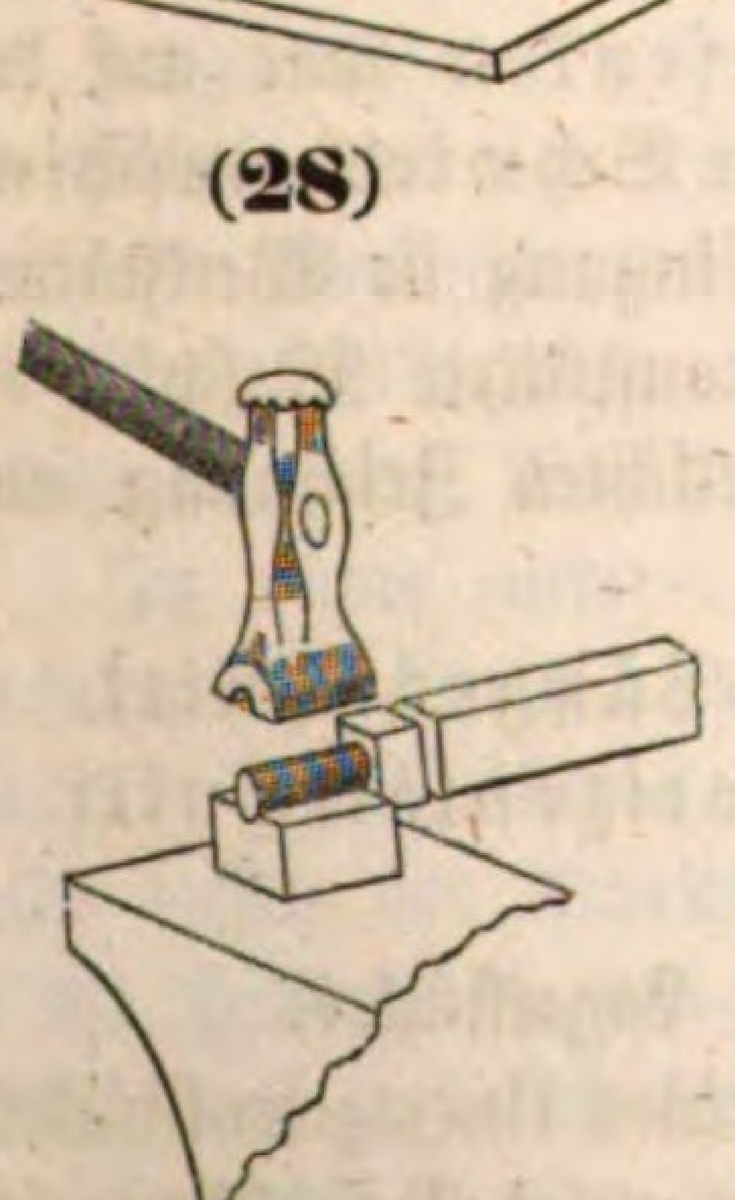
(27)



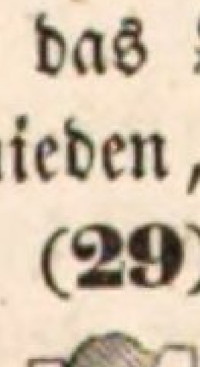


Wenn man keinen Gesenkstock anwenden kann, so bekommen die Untertheile der Gesenke kleine Zapfen, mit welchen sie in das zu diesem Zweck in dem Ambos angebrachte Loch gesteckt werden; die Obertheile aber bekommen Stiele und erhalten dadurch die Gestalt der Setzhämmer. Die nachstehenden Holzschnitte stellen einige Formen von Gesenken dar, welche am häufigsten im Gebrauch sind. Holzschnitt 28 zeigt das Untergesenk und das Obergesenk, um cylindrische Stäbe zu schmieden, zugleich mit einer Darstellung, wie man Schraubenbolzen ansetzt und schmiedet; Holzschnitt 29 ist ein Untergesenk, um dreiseitige Stücke zu schmieden, man sieht daran den Zapfen, mit welchem es in den Ambos gesteckt wird.

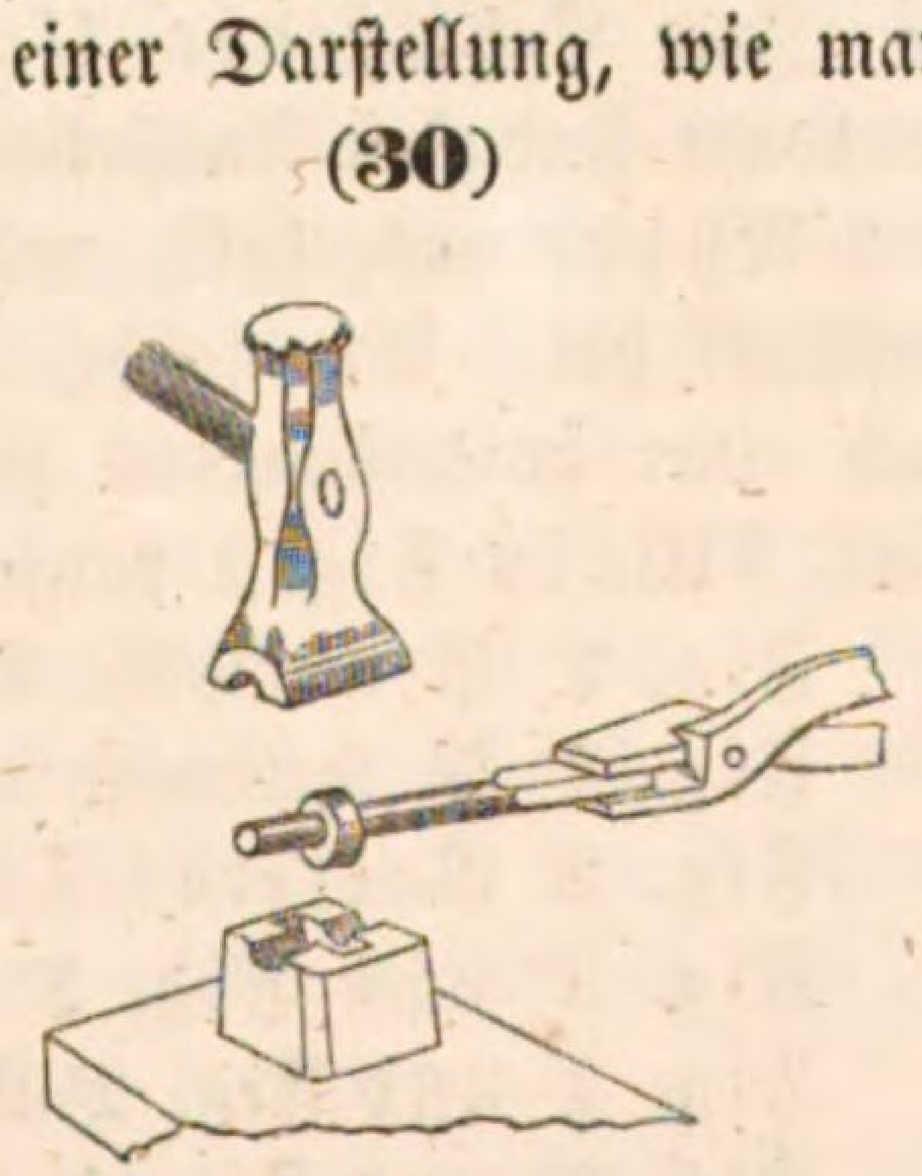
(28)



(29)

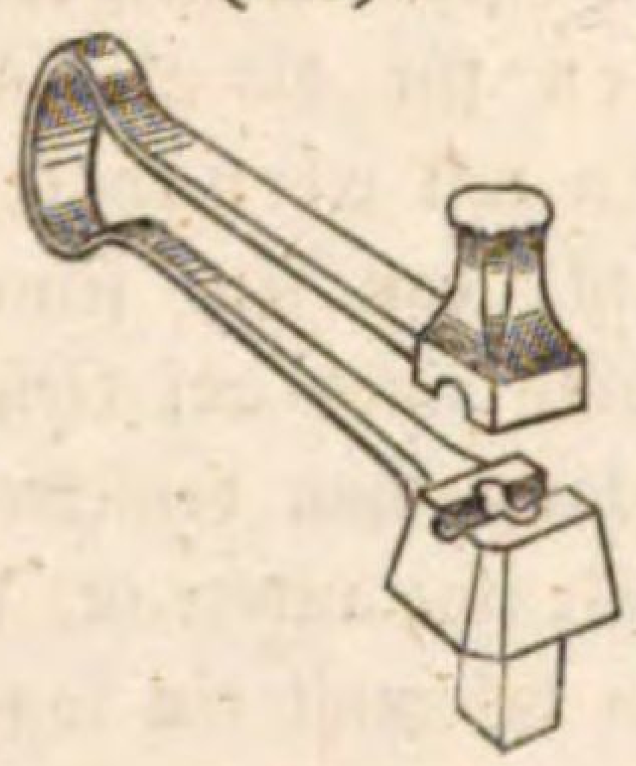


(30)



Holzschnitt 30 zeigt ein Gesenk, um ein cylindrisches Stück mit einem daran

(31)



befindlichen Bunde zu schmieden, und Holzschnitt 31 stellt eine Vereinigung des Ober- und Untergesenkes mittelst einer federnden Handhabe dar, wodurch die Lage der beiden Gesenktheile sicherer gegen einander bestimmt wird. Manche Arbeiter wenden zu demselben Zwecke eine in Holzschnitt 32 gezeichnete Einrichtung an, welche darin besteht, daß das Untergesenk eine rechteckige Vertiefung hat, in welche das Obergesenk paßt; die untere Ebene dieser Vertiefung stellt die Fuge dar, nach welcher die beiden Gesenkhälften getheilt sind.

(32)



Bei der Darstellung der Gesenke ist immer darauf zu achten, daß dieselben der Ausdehnung des Eisens, wenn dasselbe gestreckt wird, freien Spielraum gewähren. Man kann daher zwar die Gesenke so machen, daß in der Mitte eine dickere Stelle und nach beiden Enden hin eine schwächere Stelle sich befindet, aber niemals so, daß in der Mitte eine dünne Stelle, und an beiden Enden des Gesenkes eine Verstärkung sich bildet. Es folgt hieraus, daß man nicht jede beliebige Form in Gesenken schmieden kann. Vorzugsweise werden runde und profilirte Gegenstände, auch grobe Schraubenspindeln u. s. w. in Gesenken geschmiedet.

Wenn man sehr viele Gegenstände von derselben Form zu schmieden hat, so wendet man anstatt des Schmiedens in Gesenken mittelst des Hammers, auch wohl besondere Maschinen an, welche entweder den Prägwerken ähnlich sind, und in einer Fallspindel bestehen, deren Unterlage und Stempel die Form der Gesenke haben, oder man vollzieht die Schläge mittelst eines Hammers mit Hebebaumen, oder mittelst eines Friktionshammers, oder auch mittelst eines Dampfhammers, bei welchen der Hammer die Form des Obergesenkes, und der Ambos die Form des Untergesenkes hat. Auf diese Weise werden z. B. starke runde Wellen aus mehreren Stäben zusammengeschweißt und geschmiedet, auch geschieht das Treiben von Kesselböden, von Aufsatzstücken für Dampfkessel u. drgl. auf ähnliche Weise.

Zum Schmieden kleiner Gegenstände in Gesenken war auf der Londoner Industrie-Ausstellung im Jahre 1851 eine hübsche Schmiedemaschine von Ryder ausgestellt, welche sich seit der Zeit vielfach Eingang in Werkstätten verschafft hat. Eine solche, nach dem System von Ryder construirte Maschine ist nach einer in Armengaud publication industrielle veröffentlichten Zeichnung auf Taf. VIII. in Fig. 2 dargestellt.

Fig. 2a ist theilweise Ansicht, theilweise Vertikal-Längenschnitt.

Fig. 2b ist theilweise obere Ansicht, theilweise Horizontalschnitt.

Fig. 2c Vertikal-Querschnitt.

Fig. 2d und Fig. 2e Seiten- und Oberansicht eines Lagerstückes.

Fig. 2f und Fig. 2g Vertikal- und Horizontalschnitt eines Untergesenkstückes.

Fig. 2h und Fig. 2i Vertikalschnitt und obere Ansicht eines Gesenkstempels.

Man sieht aus den hier gezeichneten Figuren, daß ein gußeisernes Gerüst A der Maschine als Grundlage dient. Dieses Gerüst A trägt eine liegende Welle B, welche an einzelnen Stellen excentrisch verstärkt ist, um so die Excentriks CCC zum Niederdrücken der Gesenkstempel DD zu bilden. Die Gesenkstempel sind oben mit einem krückenförmigen, mit Metallfutter ausgelegtem Kopf versehen, und werden sehr exakt zwischen Bronze-Hülsen EE geführt, welche in einem gußeisernen Querbalken F des Gerüstes befestigt sind; sie schließen in einer Höhlung entweder eine Spiralfeder a oder eine Kautschuckfeder ein, welche sich oben gegen den Boden der Höhlung, unten aber gegen einen Keil b stemmt, der in der führenden Metallhülse festsitzt, durch einen Schlitz des Gesenkstempels hindurchgeht, und folglich an der Bewegung dieses letztern nicht Theil nimmt. Hierdurch wird bewirkt, daß vermöge einer entsprechenden Spannung der Feder a der Gesenkstempel stets aufwärts und mit seiner Krücke gegen das Excentrik C gedrückt wird, und daß, wenn er von dem Excentrik niedergepreßt worden ist, und dasselbe über den tiefsten Punkt sich fortbewegt hat, der Stempel dem Excentrik folgend wieder in die Höhe geht. Die untern Enden der Gesenkstempel sind theils mit flachen, theils mit gesenkförmig ausgehöhlten Hammerbahnen GG versehen, oder sie tragen, wie bei H einen Schrotmeißel. Die auf- und niedersteigende Bewegung der Gesenkstempel kann außerordentlich schnell erfolgen, da dieselben nur eine geringe Hubhöhe haben, und da diese Bewegung den Stempeln unmittelbar von der liegenden Welle aus ertheilt wird. Diese Welle B wird durch die Riemscheibe P bewegt, während P′ eine lose Scheibe ist, die den Riemen aufnimmt, so lange die Maschine stehen soll; OO sind zwei Schwungräder zur Ausgleichung der Widerstände.

Die Welle B macht 600 bis 700 Umdrehungen in einer Minute, und eben so viele Schläge jeder von den fünf Stempeln.

Unterhalb jedes Gesenkstempels liegen die Untergesenke II, welche in den Enden der Ambosstempel JJ befestigt sind. Auch diese Ambosstempel sind nicht vollkommen starr, sie enthalten im Innern eine Feder c entweder aus Stahldraht, oder aus Kautschuck, oder aus irgend einem andern elastischen Material, welche gegen die Schraube K wirkt, durch welche der ganze Ambos mit Hilfe der Unterlagsplatte e, der Buchse d, der Schraubenmutter f und des Zugrades g gehoben und gesenkt werden kann. Hierdurch ist es möglich, die Stärke des von dem Obergesenk-Stempel ausgeübten Druckes zu modificiren. Auch die Ambosstempel werden durch Metallbüchsen hh geführt, welche zwischen den Doppelbalken LL befestigt sind. Der eine Theil dieses Doppelbalkens besteht mit dem Gerüst aus einem Stück, der andere ist davorgeschraubt.

In etwas anderer Weise, als die Untergesenke II, ist der Abschrotstempel H′ beweglich; man sieht, daß hier anstatt der Schraube K ein auf der Welle M befindliches, durch den Hebel N drehbares Excentrik angebracht ist, mit Hilfe dessen der Arbeiter nur in dem Augenblicke des Abschneidens den Abschrot in die Höhe hebt, und ihn gleich nach dem Abschneiden wieder niederläßt, um zu verhindern, daß sich die beiden Meißel bei jedem Schlage berühren.

Die liegende Welle B ist an beiden Enden durch die Hauptlager QQ

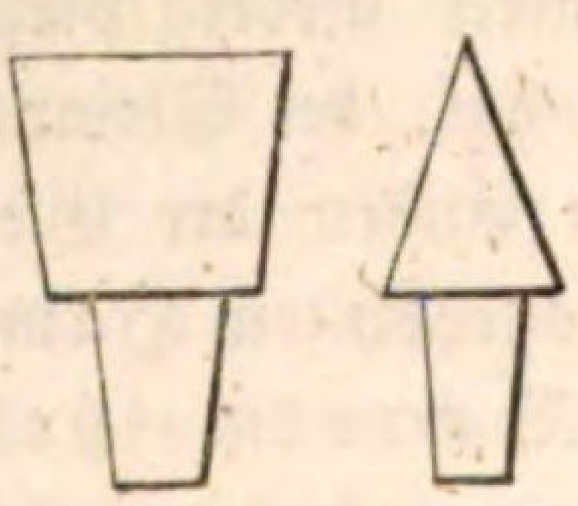
unterstützt, zwischen jedem Gesenkstempel befindet sich jedoch noch eine andere Unterstützung durch die Lager RR, welche jede Durchbiegung der Welle verhüten sollen. Dieselben stützen sich auf den Querbalken S, und sind zwischen den Doppelbalken F und L verschraubt.

s ist eine Art Support, welcher mittelst der Schraube r den Gesenken genähert werden kann, und welcher eine verstellbare Vorlage O trägt.

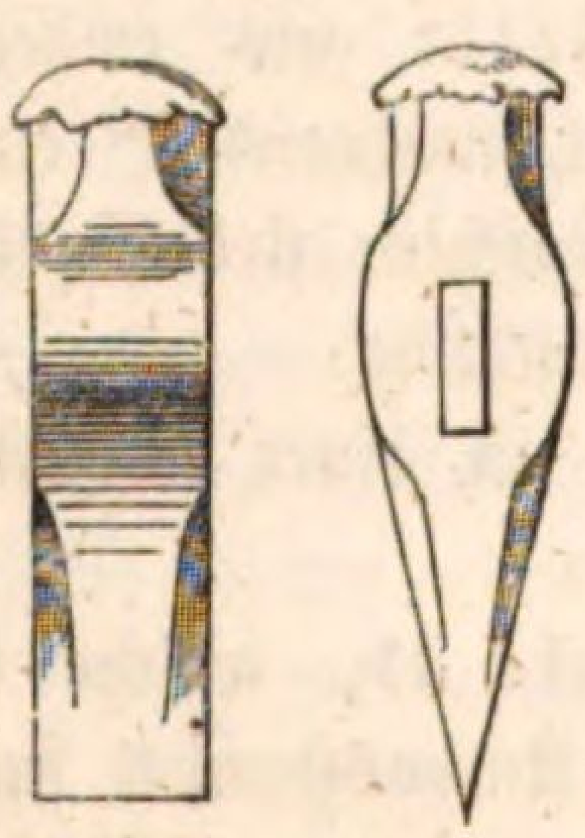
Eine von Ryder in Bolton bezogene Schmiedemaschine, aber nur mit vier Stempeln, welche vorzugsweise zum Schmieden der Spindeln für Spinnmaschinen bestimmt ist, kostet 120 Pfund Sterling.

2) Schrotmeißel und Abschrot dienen dazu, das Eisen zu zertrennen und bestimmte Längen von einer Stange abzuhauen. Der Abschrot bildet die Unterlage und besteht in einem mit der Schneide nach oben gekehrten Meißel, welcher unten mit einem Zapfen versehen ist, um ihn in das Amboslock zu stecken (Holzschnitt 33); der Schrotmeißel bildet den obern Theil, und hat entweder die Gestalt eines gewöhnlichen Meißels, den man mit den Fingern erfaßt, und auf die entsprechende Stelle des Eisens setzt, um dasselbe durch Schläge, die man auf den Kopf des Meißels führt, zu trennen, oder man giebt ihm die Gestalt eines Hammers (Setzhammers), indem man den Meißel durchlocht und einen Stiel hindurchsteckt (Holzschnitt 34); auch wohl eine Haselnußgerte (siehe Holzschnitt 14) anstatt des Stiels anwendet. Beim Durchhauen des Eisens ist die Vorsicht zu gebrauchen, daß man die letzten Schläge, wenn das Eisen schon beinahe durchgetrennt ist, sehr leicht führt, um jedes Zusammentreffen der Schneiden des Schrotmeißels und des Abschrotes zu vermeiden, auch pflegt man, noch bevor das Eisen ganz durchschnitten ist, den Schrotmeißel zu entfernen, und das abzuhauende Ende, indem man neben die Schneide des Abschrotes schlägt, abzubrechen.

(33)

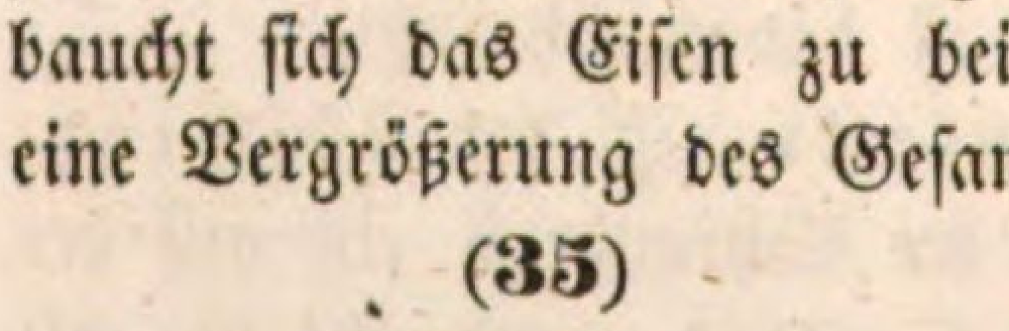


(34)



Mittelst des Schrotmeißels ohne Anwendung oder auch mit Hilfe des Abschrotes, kann man auch Schmiedeeisen durchlochen, indem man zuerst einen Spalt hineintreibt, und diesen dann mittelst eines Dorns (eines cylindrischen oder prismatischen Stabes von gehärtetem Stahl) erweitert. Diese Art des Durchlochens hat den Vortheil, daß an der durchlochten Stelle kein Eisen herausfällt, also keine Schwächung des Material-Querschnittes eintritt, dagegen baucht sich das Eisen zu beiden Seiten des Spaltes aus, und es erzeugt sich eine Vergrößerung des Gesammt-Querschnittes. Das Loch in dem Schrotmeißel (Holzschnitt 34) gibt ein Beispiel hiervon.

(35)



In ähnlicher Weise benutzt man den Schrotmeißel und Abschrot, um eiserne Stangen aufzuhauen und aufzuspalten. (Holzschnitt 35).

3) Durchschlag und Lochring. Außer durch die ebengenannte Methode des Aufhauens, kann man dies Durchlochen des Eisens auch mittelst des

Durchschlages und des Lochringes bewirken. Der Durchschlag ist ein dem Schrotmeißel sehr ähnliches Werkzeug, und wird, wie dieser, entweder mit der Hand gehalten, oder man versieht ihn mit einem Stiel nach Art der Hämmer; er unterscheidet sich von dem Schrotmeißel dadurch, daß er anstatt der Schneide eine stumpfe Fläche hat, und daß sein Querschnitt, der Form des darzustellenden Loches entsprechend, entweder kreisförmig oder rechteckig, quadratisch u. s. w. ist.

Das Lochen geschieht, indem man das Schmiedestück entweder über das Ambosloch oder über einen Ring (den Lochring, 1½ bis 3 Zoll hoch, ¼ bis 1 Zoll Wandstärke und 2 bis 4 Zoll Durchmesser), welcher auf dem Ambos ruht, auflegt, so daß es hohl liegt, und nun an der zu lochenden Stelle den Durchschlag aufsetzt, und mittelst Hammerschläge einen Putzen Eisen heraustreibt. Hierdurch tritt im Gegensatz zum Aufhauen eine Schwächung des Material-Querschnittes an der gelochten Stelle ein. Anstatt des Lochringes kann man auch den auf S. 373 durch Holzschnitt 11 dargestellten Gesenkstock benutzen, indem man ihn so legt, daß die Durchlochungen mit ihren Axen vertikal stehen. Da die Form des Durchschlages nach der Spitze hin sich verjüngt, so muß man darauf achten, daß man ihn nicht fest treibt, auch ist es zweckmäßig, bei starken Eisenstücken das Lochen von beiden entgegengesetzten Seiten nach einander vorzunehmen, indem man von jeder Seite bis etwa zur Hälfte locht. Man vermeidet auf diese Weise, daß das Loch an beiden Seiten sehr verschiedene Durchmesser erhalte.

Ist das Loch durchgearbeitet, so erweitert man dasselbe mit einem entsprechenden Dorn (siehe oben), gibt ihm auch wohl durch die Form des Dorns seine entsprechende Gestalt, indem man z. B. sechseckige Löcher oft rund locht, und dann mittelst eines sechseckigen Dorns „ausdornt."

Es möge hier bemerkt werden, daß anstatt mittelst Aufhauens (siehe oben) oder mittelst Durchschlagens zu lochen man auch noch eine dritte Methode, nämlich das Lochen mit Schwefel empfohlen und angewendet hat, indem man auf weißglühendes Eisen eine Schwefelstange, deren Querschnitt dem darzustellenden Loche entspricht, aufsetzt; es bildet sich Schwefeleisen, welches geschmolzen abläuft, und man kann so allmählig die Schwefelstange durch die Eisenstange durchdrücken. Diese Methode hat praktisch nicht großen Werth; die Löcher werden rauh und sind sehr geneigt zum Rosten, wenn man sie nicht gründlich mit der Feile ausräumt. (Vergl. S. 125.)

(36)

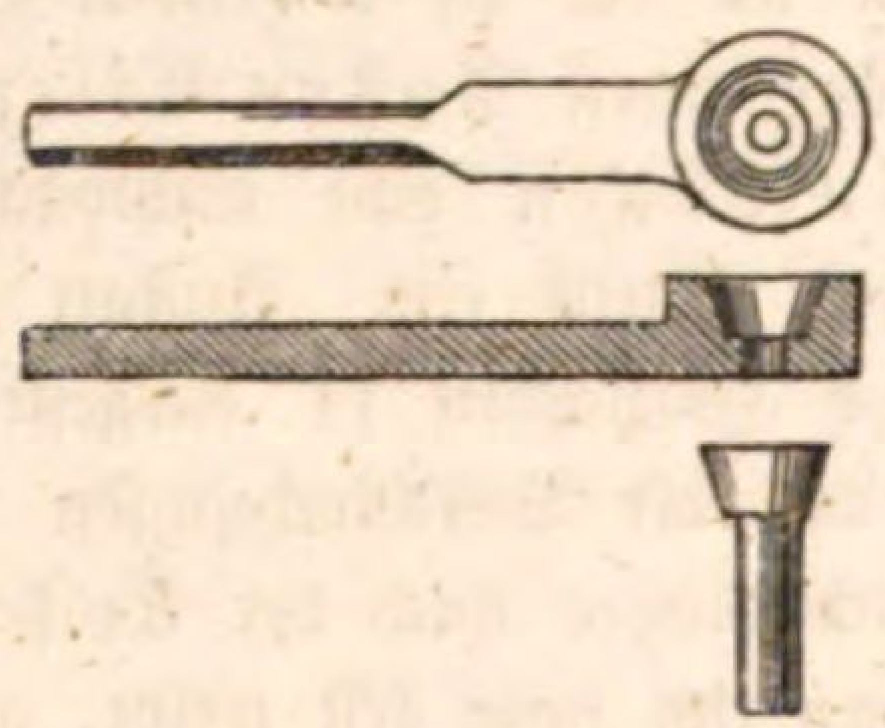


4) Nageleisen und Stempel werden vorzugsweise gebraucht, um Köpfe an Nägel und Bolzen anzuschmieden. Die Nageleisen sind Stahlstücke mit Löchern, ähnlich den Lochringen, nur sind die Nageleisen mit Handhaben versehen, und häufig hat man in ein und demselben Nageleisen mehrere Löcher (Holzschnitt 36); man benutzt sie, um ein an dem obern Ende etwas angestauchtes Stück Eisen durchzustecken, so daß es mit dem dickern Ende über das Nageleisen hervorragt, und nun schmiedet man mit dem Hammer die Gestalt des Kopfes aus diesem hervorragenden angestauchten Ende aus. Die Form der Löcher des

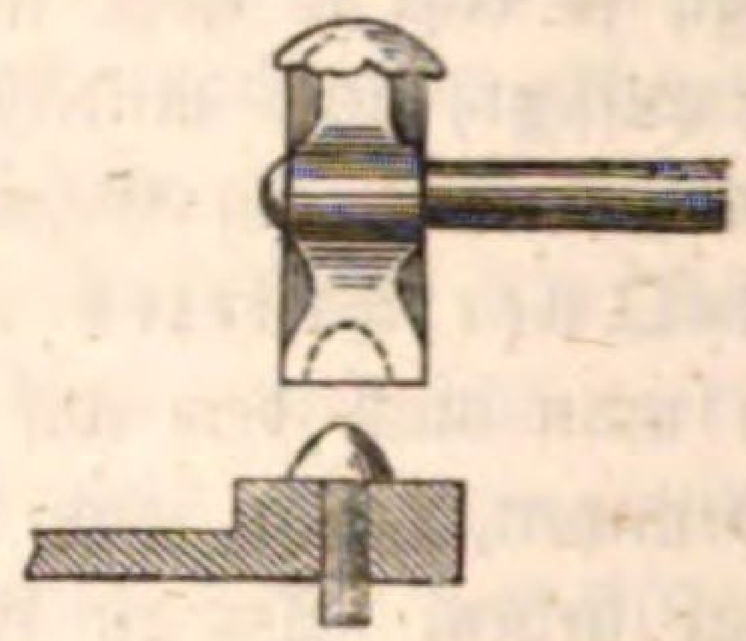
Nageleisens richtet sich nach der Gestalt der durchgesteckten Stäbe; ist die Länge dieser Stäbe größer, als die Dicke des Nageleisens, so setzt man selbiges über das Loch im Ambos, so daß das untere Ende des Nagels oder Bolzens noch in dieses hineinreicht.

Zuweilen verbindet man das Schmieden in Nageleisen mit dem bei dem Schmieden in Gesenken üblichen Verfahren. Entweder nämlich gibt man dem obern Theile des Nageleisens eine Versenkung, wenn der Bolzenkopf da, wo er sich an den Schaft anschließt, eine besondere Form bekommen soll, z. B. bei dem Schmieden der Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen (Holzschnitt 37)

(37)



(38)



oder man wendet zur Darstellung des Bolzenkopfes eigentliche Obergesenke an, wenn, wie z. B. beim Schmieden der Nietköpfe, die Köpfe eine besonders regelmäßige Form bekommen sollen, welche sich durch Schmieden aus freier Hand nicht gut geben läßt. Werden diese Obergesenke mit den Fingern aufgehalten, so heißen sie Stempel, wenn man sie jedoch nach Art der Setzhämmer mit einem Stiel versieht, so nennt man sie auch wohl Schellhämmer.

Wenn der Kopf eines Bolzens im Verhältniß zum Schaft eine überwiegende Menge Material enthält, so bedient man sich in der Regel nicht des Nageleisens, sondern man schmiedet den Kopf aus dem vollen Eisen und setzt den Schaft an, indem man sich zur Darstellung desselben eines Gesenkes bedient.

Wenn dagegen an einen sehr langen Schaft ein starker Kopf angeschmiedet werden soll, so kann man beide Methoden nicht brauchen, sondern man schweißt ein entsprechendes Eisenstück um das Ende der Stange, welche den Schaft abgeben soll.

§. 70.

Zangen und andere Hilfswerkzeuge für Schmiedewerkstätten.

Wir haben nach §. 63 noch über die Werkzeuge zu sprechen, welche dazu dienen, das Eisen festzuhalten, während es bearbeitet wird. Dies geschieht entweder:

1) durch Festhalten mit der Hand;
2) durch Festhalten mittelst Zangen;
3) durch Einspannen in einen Schraubstock;
4) durch Einhängen in Ketten.

Das Festhalten des Eisens mit der Hand ist nur bei langen Stäben ausführbar, welche an dem von der zu bearbeitenden Stelle entfernten Ende eine

angemessene Gestalt und hinreichend niedrige Temperatur haben, um sie mit Sicherheit anfassen zu können. Hat man sehr kurze und dicke Stücke zu schmieden, so schweißt man häufig, lediglich behufs des besseren Haltens und Regierens, eine besondere Eisenstange (Schweif) an dieselbe an, welche man, nachdem das Stück ausgeschmiedet ist, abhaut. Auf diese Weise werden z. B. große Blöcke unter Dampfhämmern oder unter Wasserhämmern geschmiedet.

Für gewöhnliche Schmiedearbeiten ist das Festhalten des Schmiedestückes mittelst Zangen am gebräuchlichsten. Auf Taf. IX. sind in Fig. 17 bis 25 verschieden geformte Schmiedezangen in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe dargestellt. Der Zweck der einzelnen Zangen ist aus ihrer Form erklärlich. Jede Zange besteht aus den beiden kreuzweis übereinander gelegten Schenkeln, deren eine Enden das Maul bilden, während die andern so zurückgebogen sind, daß sie in eine Ebene kommen. In dem Kreuzpunkt befindet sich ein Niet, um welches sich die beiden Schenkel drehen können. Um die Zange geschlossen zu erhalten, was bei den Schlägen, welche das Schmiedestück erhält, auf die Dauer nicht wohl durch den bloßen Druck mit den Händen ausführbar ist, wird über die beiden Schenkel ein nach Holzschnitt 39 gestalteter Bügel (der Zangenring) aufgeschoben, welchen man in der Nähe des Drehpunktes über die beiden Schenkel hakt und dann nach dem Ende hinzieht, um die Schenkel festzuklemmen. Will man die Zange lösen, so schlägt man mit einem leichten Hammerschlag den Ring wieder zurück.

(39)



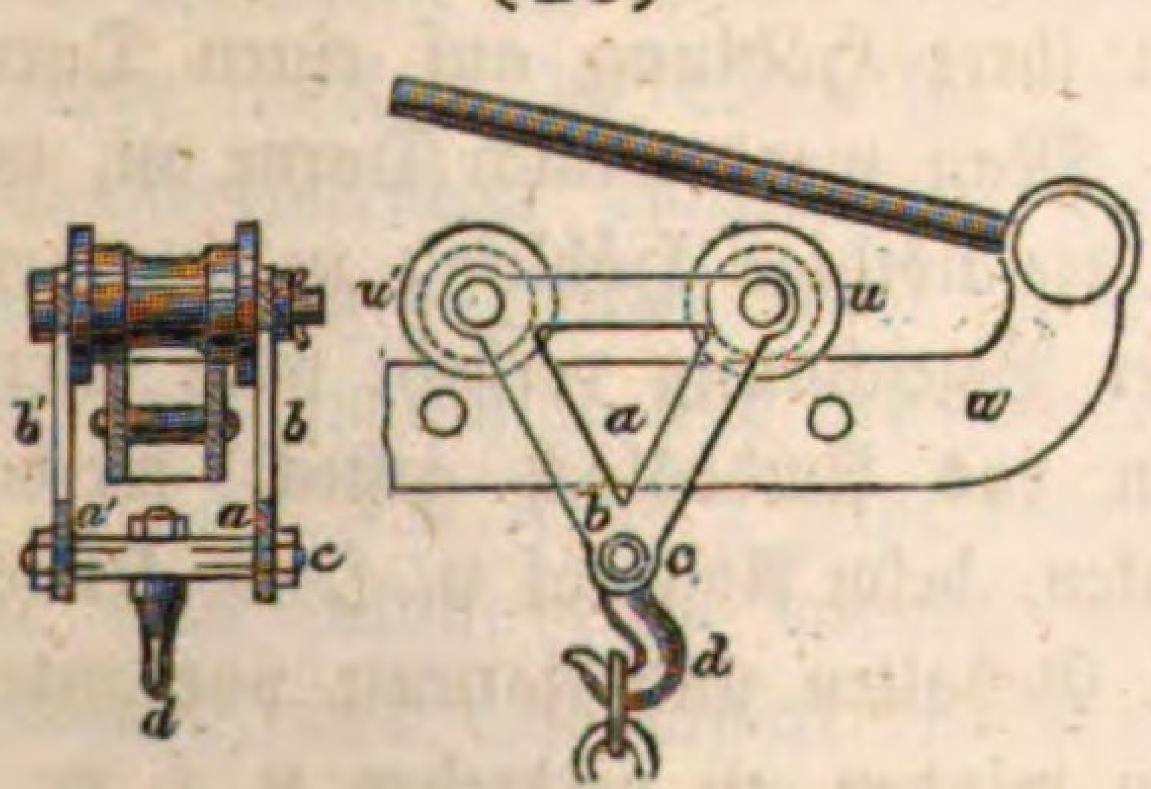
Gegenstände, welche in horizontaler Richtung umgebogen werden sollen, oder welche man nicht auf dem Ambos bearbeiten kann, weil das Ende, welches die Schläge bekommen soll, frei überstehen soll, spannt man in einen Schraubstock ein. Ein solcher Schmiedeschraubstock ist ein gewöhnlich starker, an einem Klotz, ähnlich dem Amboskloß, befestigter Schraubstock, der so aufgestellt ist, daß man womöglich ringsum sich bewegen kann.

Auf Taf. IV. in Fig. 3 haben wir bei der dort dargestellten transportablen Schmiede den Gebrauch der beiden Schraubstöcke bereits angegeben.

Schwere und unförmliche Gegenstände, welche man entweder wegen ihres bedeutenden Gewichts, oder wegen ihrer Ausdehnung (z. B. Blechtafeln) nicht gut mit der Hand und mit Zangen regieren kann, hängt man in Ketten auf. Taf. VI. Fig. 1ª zeigt eine solche Anordnung.

Neben der Schmiedeesse ist ein drehbarer Krahn aufgestellt, welcher an einer Krahnsäule n einen Ausleger m hat, auf welchem sich Rollen o mit daran hängender Kette bewegen können. An dieser Kette wird in Haken oder in Ringen der zu erhitzende und zu schmiedende Gegenstand aufgehängt.

(40)



Eine andere Construction der Rollen auf dem Ausleger zeigt der nebenstehende Holzschnitt 40. a a' sind zwei horizontale schmiedeeiserne Schienen, welche den Ausleger bilden und in entsprechenden Ent-

fernungen durch Zwischenbolzen verbunden sind; auf den Schienen gleiten die beiden Rollen u und u', welche mittelst zweier, zu beiden Seiten des Auslegers herabhängender Schienen in Dreiecksform b, b' gegenseitig verbunden sind. Die untere Spitze dieser Dreiecke trägt eine Traverse c, an welcher in der Mitte ein Haken hängt d, der die Kette trägt, an der das Eisen mittelst eines Ringes oder eines Hakens aufgehängt ist.

Zuweilen hängt man an dergleichen Ketten starke Zangen auf, mit welchen man das Eisen oder die Blechtafeln erfaßt, um sie in angemessener Weise zu regieren; das Gewicht der Schmiedestücke ruht dann immer zum größten Theil auf dem Ambos und in den Ketten, und die Hand des Arbeiters hat nur die erforderlichen Bewegungen auszuführen, welche das Schmieden des Eisens nöthig macht.

Außer den Vorrichtungen zum Festhalten des Eisens bedarf eine Schmiedewerkstätte noch mancherlei anderer Hilfswerkzeuge, die meistentheils nicht unmittelbar zu den Schmiedeoperationen gehören, sondern nur mittelbar dazu gebraucht werden. Hierzu rechnen wir:

1) die Schleifsteine, sowohl größere, welche entweder durch Maschinenkraft, oder mittelst Kurbel von einem Arbeiter gedreht werden, als kleinere, die man mittelst Trittbrett mit dem Fuße treten kann. Wenn die Steine durch eine Maschine in Bewegung gesetzt werden, so giebt man ihnen eine Peripherie-Geschwindigkeit von etwa 20 bis 30 Fuß in einer Secunde.
2) Wasserbehälter, sowohl um die Härte-Arbeiten zu verrichten, als auch um die gebrauchten Schmiedewerkzeuge, welche verstählt sind, nach dem Gebrauch sofort abzukühlen.
3) Kohlenschaufeln, um das Feuer zu beschicken.
4) Löschspieß, eine eiserne Stange mit einem Wedel von Lappen, um aus dem Löschtrog Wasser auf die Kohlen zu gießen (siehe §. 58, S. 248).
5) Kohlenhaken zum Schüren und Aufstören des Feuers.
6) Feilen, um die Oberfläche des Eisens oder Stahls metallisch rein darzustellen, was sowohl beim Schweißen, als beim Härten des Stahls nöthig ist.
7) Dorne verschiedener Form und Größe, theils zu dem oben bereits erwähnten Zweck, um Löcher auszuweiten und auszutreiben, theils auch um Gegenstände mit Höhlungen zu schmieden, wo sie dann häufig die Stelle der Zangen vertreten. So steckt man z. B. beim Schmieden der Schraubenmuttern oder kleinen Ringe dieselben mit ihrer Höhlung auf einen Dorn, und regiert sie so bei der Schmiedearbeit. Man wendet auch Dorne an, wo das Sperrhorn nicht mehr ausreicht, um die nöthige Höhlung zu erzeugen.
8) Stöckchen oder Stöckel; unter dieser Bezeichnung versteht man Werkzeuge, welche mittelst eines Zapfens in das Ambosloch gesteckt werden können, wie wir dies bei den Untergesenken, beim Abschrot u. s. w. kennen gelernt haben, und welche in mancherlei Gestalten und Formen vorhanden sind, um Eisen zu biegen, einzukerben, zu winden, zu verdrehen u. s. w.

9) Kaltmeißel und Körner, um in kalte Eisenstangen Löcher, Zeichen, Kerben u. s. w. einzuschlagen, auch schwächere Eisenstäbe kalt abzuschlagen.

10) Eiserne Kohlenbecken, Fächer zu Wedeln, Kapseln, Hülsen u. s. w. zum Löthen, Einsetzen, Ausglühen, Tempern u. s. w.

Außer diesen Werkzeugen findet man oft noch mancherlei andere in den Schmiedewerkstätten, die aber weniger bei den eigentlichen Schmiedearbeiten, als für die fernere Bearbeitung des Eisens gebraucht werden, wie z. B. Schraubenbohrer, Windeeisen u. drgl. Wir können dieselben hier folglich übergehen; ebenso diejenigen Werkzeuge, welche nur zur Darstellung bestimmter Gegenstände dienen, wie z. B. Schablonen, Modelle, Lehren u. drgl.

§. 71.

Allgemeine Anordnung der Schmiedewerkstätten.

Die allgemeine Anordnung der Schmiedewerkstätten ist nach der Anordnung der Schmiedefeuer und nach der Größe der zu schmiedenden Gegenstände sehr verschieden. Man kann für den Raum im Grundriß etwa folgende Werthe rechnen:

für ein kleines Feuer in Handhammerschmieden	150—200 □Fuß
für ein größeres Feuer in Handhammerschmieden	200—250 „
für große Feuer in Dampfhammerschmieden . .	250—300 „

dabei muß der Raum vor der Schmiedeesse wenigstens betragen:

bei kleinen Feuern	12—14 Fuß
bei größern Feuern	14—18 „

Auf den Tafeln III., VI. und VII. sind mehrere Beispiele von gut eingerichteten und gut ausgeführten Schmiedewerkstätten gezeichnet.

Taf. VII. Fig 2 ist eine Handhammerschmiede mit 20 Schmiedefeuern. (Für 2 Feuer ist noch außerdem an der Giebelwand Platz.) Diese Schmiedewerkstatt befindet sich in der Fabrik von F. Wöhlert in Berlin. Fig. 2ª zeigt die Vorder-Ansicht des Gebäudes, Fig. 2ᵇ den Grundriß, beide in $1/_{288}$ der natürlichen Größe oder ½ Zoll gleich 12 Fuß; Fig. 2ᶜ ist der Querschnitt des Gebäudes in $1/_{120}$ der natürlichen Größe (1 Zoll = 10 Fuß).

Das Gebäude ist massiv aufgeführt, das Dach von Holz bildet unmittelbar die Decke der Schmiedewerkstatt. Die Schmiedeessen sind mit je vier Feuern in fünf Gruppen in der Mitte des Gebäudes aufgestellt. Neben der Werkstatt befindet sich in demselben Gebäude ein helles Zimmer für den Werkführer, und über demselben ein kleiner Bodenraum, zu welchem die hinter dem Zimmer liegende Treppe führt. Der Wind für die Schmiedefeuer wird durch einen, außerhalb der Schmiedewerkstatt aufgestellten Ventilator erzeugt, und durch eine unterirdische Windleitung zugeführt, sonst könnte man auch das Zimmer rechts zur Aufstellung der Dampfmaschine und des Ventilators benutzen.

Taf. VI. Fig. 2 zeigt eine ähnlich eingerichtete Werkstatt, welche sich von der eben beschriebenen dadurch unterscheidet, daß sie von zwei Seiten Licht bekommt, und daß anstatt des hölzernen Pultdaches hier ein eisernes Satteldach angeordnet ist. Taf. VI. Fig. 2ª ist der Querschnitt nach der Linie AB

in Fig. 2^b, und Fig. 2^b ist ein Theil des Grundrisses; beide in $\frac{1}{180}$ der natürlichen Größe. (1 Zoll = 15 Fuß.) Fig. 2^c ist die Construction des eisernen Dachbinders in $\frac{1}{48}$ der natürlichen Größe ($\frac{1}{4}$ Zoll = 1 Fuß) und Fig. 2^d stellt die Details dieser Construction, namentlich den Verband an dem Dachforst und an der Umfassungsmauer in $\frac{1}{12}$ der natürlichen Größe (1 Zoll = 1 Fuß) dar.

Taf. III. Fig. 4 zeigt eine Schmiedewerkstatt mit zwölf Schmiedefeuern, welche für die Reparaturwerkstatt der Stargard-Posener Eisenbahn zu Stargard in Pommern ausgeführt ist. Fig. 4^a ist der Querschnitt, Fig. 4^b der Grundriß, beide in $\frac{1}{120}$ der natürlichen Größe (1 Zoll = 10 Fuß) gezeichnet. Die Anordnung unterscheidet sich von den beiden vorhin beschriebenen im Wesentlichen durch die Stellung der Schmiedefeuer, welche hier nicht in der Mitte des Gebäudes, sondern an den beiden Längen-Wänden aufgestellt sind, so daß der ganze Raum in der Mitte frei bleibt. Die Schmiedefeuer liegen je zwei und zwei in einem Herde und sind von der in Fig. 3 dargestellten und auf S. 345 beschriebenen Construction. Es sind vier größere Feuer (aa) und acht kleinere (bbb) Feuer (vergl. Fig. 4^b), deren Rauchkanäle geschleift sind, so daß sie je zwei in einen gemeinschaftlichen Schornstein münden, der pfeilerartig vor der Frontmauer des Werkstattgebäudes vorspringt. Das Dach ist von Holz mit einem einfachen eisernen Sprengwerk; die Windleitung liegt auf einem Vorsprunge der Essenmauer und erhält den Wind von einem außerhalb des Gebäudes liegenden Ventilator. — Der Länge nach geht durch das Gebäude ein Schienenstrang, welcher mit den Bahnhofs-Geleisen in Verbindung steht, so daß man ohne Weiteres die zu reparirenden Locomotiven und Eisenbahnwagen in die Werkstatt hineinschieben kann.

Größere Schmiedewerkstätten mit Dampfhämmern sind auf Taf. VI. und Taf. VII. dargestellt.

Taf. VI. Fig. 1 zeigt eine Schmiedewerkstatt für schwere Maschinentheile aus einer großen Maschinen-Fabrik bei Berlin, Fig. 1^a ist der Querschnitt, Fig. 1^b die Ansicht des Gebäudes und Fig. 1^c der Grundriß. Fig. 1^a ist in $\frac{1}{60}$ der natürlichen Größe, Fig. 1^b und 1^c in $\frac{1}{120}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Das Gebäude ist im Grundriß quadratisch, die Umfassungswände sind in Fachwerk mit Ziegelausmauerung aufgeführt und das Dachwerk mit Sprengwerk construirt, so daß der ganze Raum von $36\frac{3}{4}$ Fuß im Quadrat frei ist.

In der Mitte steht ein Dampfhammer von 6 Centner Hammergewicht nach der Nasmith'schen Construction, welcher den Dampf von einem außerhalb des Gebäudes liegenden Kessel erhält. Derselbe Kessel liefert auch den Dampf zu einer kleinen, für den Betrieb des Ventilators dienenden Dampfmaschine.

Die Schmiedefeuer sind schon in §. 56 auf S. 342 beschrieben worden, es sind im Ganzen deren fünf, von welchen eines (A im Grundriß Fig. 1^c) eine eigene Esse hat, die andern aber bei B und C je zwei und zwei in eine gemeinschaftliche Esse münden. Die Essen sind aus Eisenblech construirt und wie Dampfkessel zusammengenietet. Um die Schmiedestücke zwischen den Schmiedefeuern und dem Dampfhammer bequem transportiren zu können, sind vier Krahne mit

hölzernen Säulen n n n n aufgestellt; zwei davon stehen in zwei gegenüberliegenden Ecken des quadratischen Grundrisses, die beiden andern auf je $^1/_3$ der Seitenlänge zweier gegenüberliegenden Seiten. Die punktirten Kreisbögen im Grundriß Fig. 1^c bedeuten den Bereich der Ausleger der Krahne. Auf den Ausleger läuft eine Rolle mit Kette, an welche man die Schmiedestücke aufhängen kann. (Vergl. §. 70, S. 411).

Eine größere Dampfhammerschmiede mit einem Dampfhammer von 25 Centner, mit zwei Gebläsen und mit vier Schmiedeessen ist auf Taf. VII. Fig. 1 dargestellt. Dieselbe ist in der Maschinenfabrik von F. Wöhlert in Berlin ausgeführt und wird zum Schmieden schwerer Wellen und anderer schwerer Maschinentheile benutzt. Fig. 1^a zeigt den Grundriß in $^1/_{240}$ der natürlichen Größe ($^1/_2$ Zoll = 10 Fuß). Fig. 1^b die Vorder-Ansicht des Werkstatt-Gebäudes, Fig. 1^c den Durchschnitt nach A B des Grundrisses, Fig. 1^d den Querschnitt nach C D des Grundrisses. Diese drei Figuren sind in $^1/_{120}$ der natürlichen Größe (1 Zoll = 10 Fuß) gezeichnet.

Das Werkstattgebäude ist massiv; vor demselben befindet sich bei A eine bedeckte, auf eisernen Säulen ruhende Halle, ferner bei B und B^1 zwei massive Schornsteine, welche die Flamme von den beiden stehenden Dampfkesseln C und C^1 aufnehmen. Diese beiden Kessel erhalten die Flamme unmittelbar von den beiden Schweiß- oder Glüh-Oefen D und D^1, die im Innern des Gebäudes liegen, und welche zum Erhitzen der großen Eisenstücke, die geschmiedet werden sollen, dienen. Taf. V. Fig. 1 zeigt einen dieser Glühöfen (ohne den Kessel) im Detail, und im §. 62, S. 367 ist derselbe beschrieben. Die beiden stehenden Dampfkessel, deren thurmartige Ummauerung man in Fig. 1^b sieht, bestehen aus aufrecht stehenden Cylindern, die in einiger Entfernung von dem, dieselben concentrisch umgebenden Mauerwerk (vergl. Fig. 1^a), aufgestellt sind. Der ringförmige Raum zwischen dem Kessel und dem Mauerwerk ist durch vertikale, diametral stehende Scheidewände in zwei Hälften getheilt; die Flamme des Ofens tritt in die eine dieser Hälften, steigt empor, schlägt oben in entsprechender Entfernung unter dem Wasserspiegel des Kessels in die andere Hälfte über, steigt in dieser abwärts und tritt, wieder unten angelangt, in den Schornstein. Der Schornstein B^1 ist höher und größer als der Schornstein B, weil in erstern noch die Flamme des liegenden Kessels E mündet, der zum Betriebe der Dampfmaschine F dient, während die beiden stehenden Kessel C und C^1 den Dampf zu dem Dampfhammer G liefern. Durch die Dampfmaschine F werden nicht nur eine Anzahl von Drehbänken und Hobelmaschinen in dem Anbau H neben dem eigentlichen Werkstattgebäude, sondern auch die Ventilatoren für die Schmiedefeuer K K getrieben. J ist eine Kohlenkammer. Die Schmiedefeuer K K dienen zum Erhitzen kleiner Gegenstände, für welche die Benutzung der Glühöfen nicht erfordert wird. Jedes dieser vier großen Schmiedefeuer hat eine besondere Schmiedeesse.

Im Allgemeinen dürfte es zu empfehlen sein, die Dampfhammerschmieden nicht massiv zu bauen, da die gewaltigen Erschütterungen, denen der Boden durch die Hammerschläge ausgesetzt ist, leicht Risse und Sprünge in

den Fundamenten und in den Umfassungsmauern herbeiführen. Man setzt daher nicht selten die Dampfhämmer unter einen leichten, auf eisernen Säulen ruhenden Schuppen, oder in ein leichtes Gebäude von Holz oder von Fachwerk.

§. 72.

Kesselschmieden im Allgemeinen. Vorzeichnen und Vorbereiten der Blechtafeln.

An die Werkstätten, welche zur Anfertigung der eigentlichen Schmiede-Arbeiten dienen, und in welchen in der Regel Schmiedeeisen in Stangenform verarbeitet wird, schließen sich in größern Maschinenfabriken besondere Werkstätten zur Bearbeitung der Blechtafeln, welche vorzugsweise für Dampfkessel bestimmt sind. Diese Werkstätten werden daher auch mit der Benennung Kesselschmieden bezeichnet, sie bilden gewöhnlich große Räume mit einem daran liegenden, freien Hofplatz und enthalten die für die, im Ganzen ziemlich einfache Fabrikation bestimmten Oefen und Maschinen. Diese Fabrikation läßt sich auf folgende Operationen zurückführen:

1) das Vorzeichnen der Formen, welche die einzelnen Blechtafeln bekommen sollen, mittelst einer Lehre oder Schablone;
2) das Beschneiden der Blechtafeln, um denselben die der Lehre entsprechende Form zu geben;
3) das Durchlöchern der Tafeln, sowohl an den Stellen, durch welche die Niete gezogen werden sollen, als auch an andern Stellen, welche Oeffnungen erhalten müssen;
4) das Biegen der ebenen Blechtafeln in die für den vorliegenden Zweck nöthige Form;
5) die Anfertigung der Niete, welche zur Befestigung der einzelnen Blechtafeln an einander nöthig sind;
6) das Zusammenfügen der gebogenen Bleche und ihre Befestigung an einander durch Niete, Stehbolzen oder Schrauben.

Um diese Operationen zu verstehen, bringen wir hier nur in Erinnerung, daß die Kessel im Allgemeinen aus prismatischen, gewöhnlich aus cylindrischen, röhrenartigen Körpern bestehen, welche man in irgend einer passenden Weise zusammensetzt. Die bei diesen Zusammensetzungen üblichen Befestigungs-Constructionen sind in des Verfassers Werke: „die Lehre von den einfachen Maschinentheilen" Band I. S. 395 u. f. beschrieben, und können hier nicht ausführlich erörtert werden. Nur so viel müssen wir erwähnen, daß man größere Kessel aus mehreren Blechtafeln zusammenfügt, nachdem man dieselben zuerst zu sogenannten Schüssen oder Stößen vereinigt hat.

Im Allgemeinen ist hierbei der Grundsatz festzuhalten, daß ein Kessel in der Regel um so fester und dauerhafter ist, aus je weniger einzelnen Blechplatten er besteht, und je weniger einzelne Nietungen daran vorkommen. Man müßte also zu großen Kesseln möglichst große Bleche

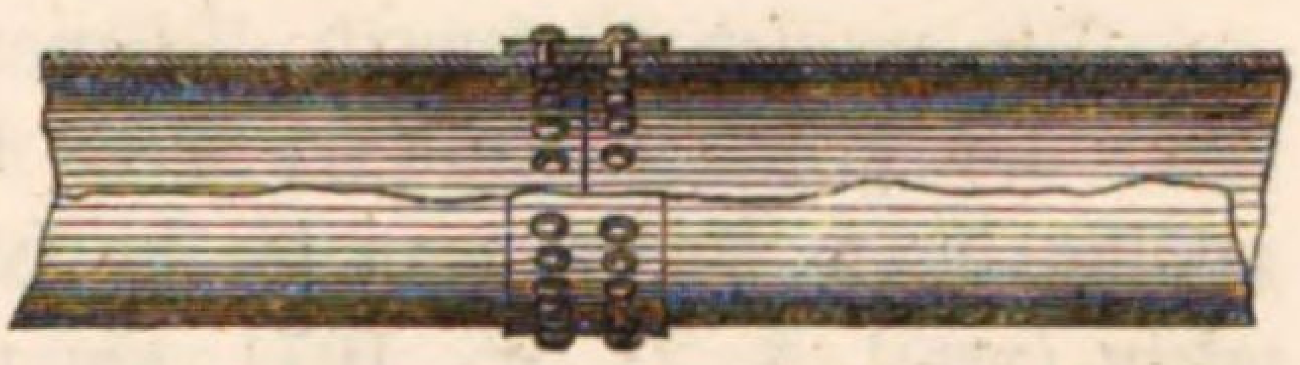
verwenden, allein die Grenze liegt in dieser Beziehung in der Schwierigkeit sehr große Blechtafeln von einer gewissen Dicke herzustellen, und in der hierdurch bedingten Kostbarkeit derselben.

Bei der Anwendung der Blechtafeln hat man ferner darauf zu achten, daß die *Längenrichtung des gewalzten Bleches* in die Richtung der Peripherie des Bogens fällt, nach welchem sie gebogen werden sollen.

Kessel, welche im Allgemeinen eine *cylindrische Form* bekommen sollen, werden entweder

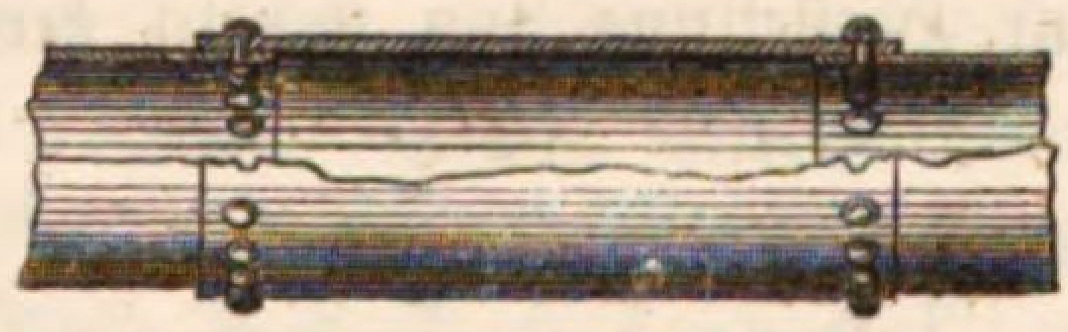
1) aus einzelnen *cylindrischen Schüssen von durchweg gleichem Durchmesser* zusammengefügt (Holzschnitt 41), die man mit ihren Enden stumpf zusammenstößt, und durch einen umgelegten *Blechstreifen*, welcher an jeden Schuß angenietet wird, aneinander befestigt, oder:

(41)



2) man setzt dieselben durch einzelne *cylindrische Schüsse*, die abwechselnd einen *größern* und einen *kleinern* Durchmesser haben (Holzschnitt 42), zusammen, und zwar so, daß man immer einen Schuß von geringerem Durchmesser zwischen zwei andere von größerem Durchmesser einschiebt und die *übergreifenden Ränder* zusammennietet; oder endlich:

(42)

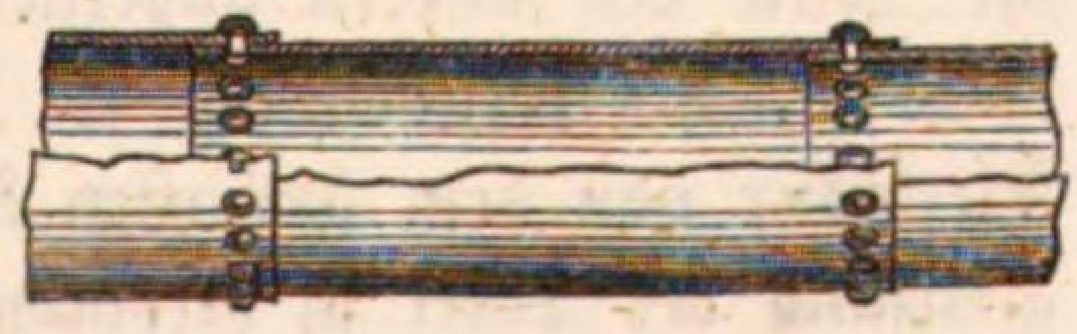


3) man setzt die Kessel aus *konischen Schüssen* zusammen, die so construirt sind, daß jeder Schuß an einem Ende weiter ist, als an dem andern, und nun schiebt man das *weitere* Ende jedes Schusses über das dünne Ende des folgenden (Holzschnitt 43).

Bei den beiden zuletzt genannten Anordnungen trifft allemal, wenigstens an *einer* Stelle, die Fuge des Stoßes (Längennaht) mit der Fuge zwischen zwei *Stößen* (Quernaht) zusammen. An dieser Stelle kommen dann *drei* Blechstärken übereinander; man muß dann eine oder zwei Blechtafeln an dieser Stelle dünner schmieden, indem man die Ecken ausreckt, so daß an der Kreuzungsstelle weder eine zu große Gesammtdicke der Kesselwandung entsteht, noch die innige Berührung der Bleche aufhört.

Will man einen Kessel oder eine Röhre aus einzelnen Blechtafeln zusammensetzen, so hat man darauf zu achten, daß man *möglichst wenig Abfall von den Blechtafeln* bekomme, und daß die Tafeln selbst möglichst einfache und so viel als möglich gleiche Formen erhalten. Man setzt daher einen *Schuß* am liebsten aus *einer*, oder aus zwei bis drei *ganzen* Blechtafeln zusammen und wählt die Länge des Kessels so, daß die Länge jedes Schusses aus einer vollen Blechbreite bestehe. Sind die Schüsse *cylindrisch* (Holzschnitt 41 und 42), so bildet jede abgewickelte Blechtafel ein Rechteck, sind die Schüsse dagegen *konisch* (Holzschnitt 43),

(43)



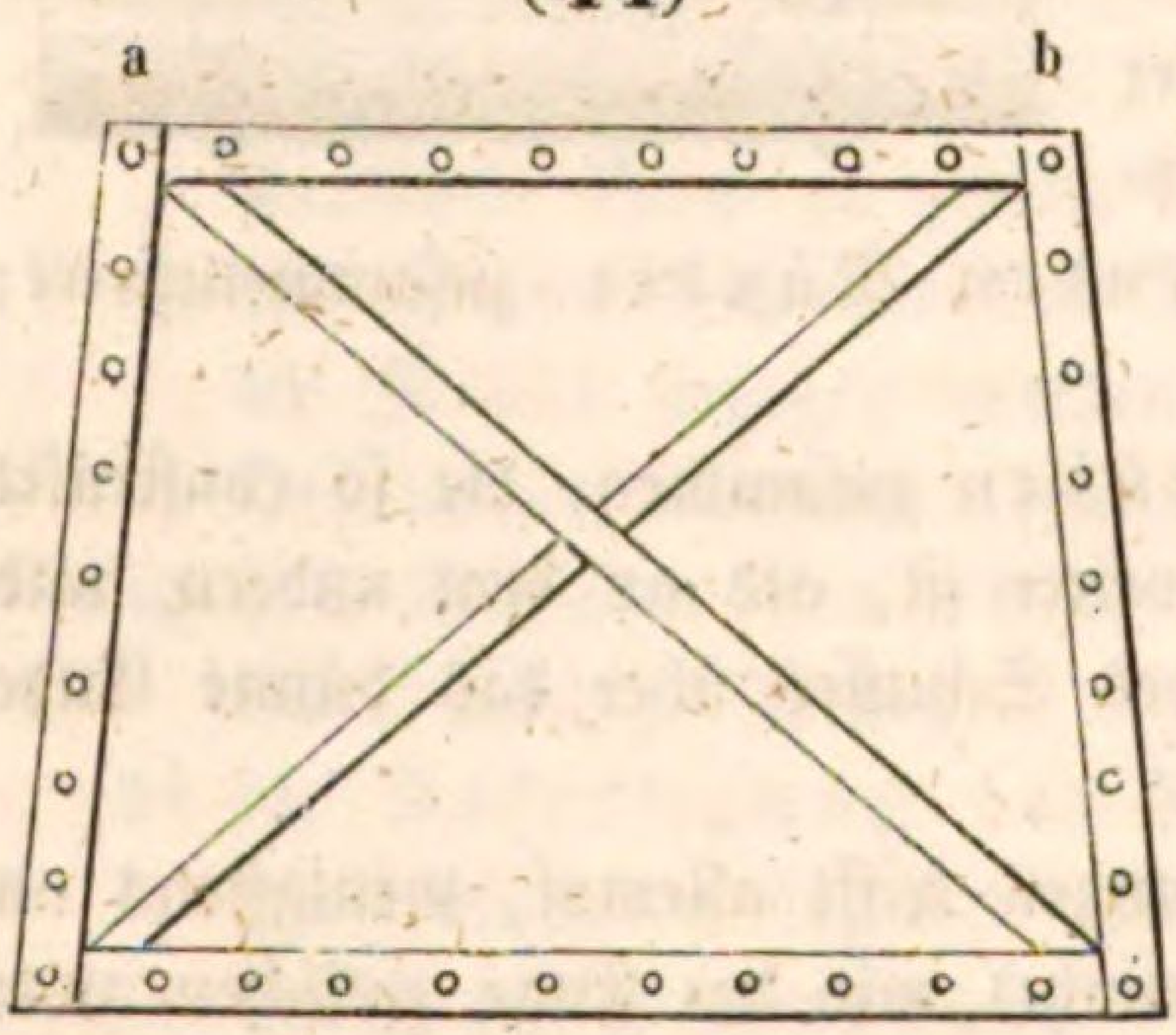
so würde jede abgewickelte Blechtafel einen Ringsektor bilden, wenn man genau verfahren wollte; in den meisten Fällen ist indessen die Neigung des Kegels so gering, d. h. es ist der Unterschied der Halbmesser der größern und kleinern Oeffnung des Schusses im Vergleich zu der Länge desselben so gering, daß man ohne große Fehler für den Ringsektor ein Paralleltrapez substituiren kann, dessen größere parallele Seite der abgewickelte größere Bogen, und dessen kleinere parallele Seite der abgewickelte kleinere Bogen der im konischen Schusse liegenden Blechtafel ist.

Für Kessel von größern Dimensionen pflegt man die Formen der einzelnen Blechtafeln zu bestimmen und in den Blechwalzwerken die erforderlichen Dimensionen und Formen zu bestellen.

Die meisten Walzwerke liefern sodann die Tafeln in den richtigen Formen scharf und genau beschnitten; wenn dies, offenbar zweckmäßigste Verfahren, nicht zulässig ist, so benutzt man die im Handel vorkommenden Dimensionen der Blechtafeln (vergl. §. 21, S. 107), um nach denselben die Dimensionen der Kessel zu bestimmen, mit Rücksicht auf die oben angegebenen Bedingungen.

Vorzeichnen, Eintheilen und Beschneiden der Blechtafeln, welche zur Herstellung von Kesseln benutzt werden sollen, bilden die ersten Operationen, welche man in der Kesselschmiede vorzunehmen hat. Man macht zu diesem Zwecke zunächst eine Chablone oder Lehre; diese besteht aus einem Rahmen (Holzschnitt 44), den man aus Flacheisen zusammennietet, durch diagonale Schienen gegen jede Verschiebung sichert, und welcher außen die Form der Blechtafel hat. Dieser Rahmen dient zugleich zur Verzeichnung der Nietlöcher; welche man auf folgende Weise bestimmt:

(44)



Es sei d der äußere Durchmesser entweder eines engeren Schusses, oder bei konischen Schüssen der kleinste äußere Durchmesser des Schusses,

δ die Blechstärke,

n, die Anzahl der gleich langen Blechtafeln, aus welchen ein Schuß besteht.

Nun ist der innere Durchmesser des weitern Schusses, oder der größere innere Durchmesser des konischen Schusses $d + 2\delta$ und folglich ist die

kleinste Breite: $ab = \frac{\pi d}{n}$,

und die größte Breite: $cd = \frac{\pi (d + 2\delta)}{n}$.

Diese Breite ist gemessen von der Mitte des einen äußersten Nietloches bis zur Mitte des andern äußersten Nietloches, und es muß folglich die Breite des Randes, um welchen sich die Fugen überdecken, oder der Abstand der Mitte der Nietlöcher von dem äußersten Rande noch zugegeben werden, um die äußere Begrenzung der Tafel zu bekommen.

Hat man den Abstand a b und c d auf der Chablone festgestellt, so theilt man diese beiden Abstände in eine der Anzahl der Nieten entsprechende Anzahl gleicher Theile, um die Mitten der Nietlöcher zu bestimmen. Nur so kann man erreichen, daß die Nietlöcher der weitern und der engern Schüsse später zusammenfallen. Man bohrt an den Stellen, welche die Mitten der Nietlöcher auf der Chablone andeuten, Löcher von $^3/_{16}$ bis $^1/_4$ Zoll Durchmesser, und verfertigt einen Körner, welcher genau in diese Löcher paßt.

Die Chablone wird nun auf die Blechtafel aufgelegt, die Umrisse derselben, wenn man nicht schon aus dem Walzwerk Tafeln von der richtigen Form bezogen hat (vergl. S. 418), werden mit einem Spitzmeißel vorgerissen und dann schneidet man nach diesen Umrissen die Blechtafeln aus.

Wenn die Blechtafeln die richtige Form haben, werden die entsprechenden Ecken rothwarm gemacht, und unter einem gewöhnlichen Schmiedehammer ausgezogen (vergl. S. 417). Hierauf legt man die Chablone wieder auf, steckt in jedes der gebohrten Löcher den genau passenden Körner, und markirt durch die Spitze desselben mittelst eines kräftigen Hammerschlages die Nietlöcher auf den Blechtafeln. Nun sind die Bleche fertig zum Lochen.

Das Lochen der Blechtafeln für die Kesselfabrikation geschieht gewöhnlich durch sogenannte Durchstoß- oder Lochmaschinen, welche mittelst eines cylindrischen Stempels, der sich in einen scharfkantigen, passenden cylindrischen Stahlring hineinschiebt, einen Putzen Eisen, welcher dem Durchmesser des Loches entspricht, hinausdrückt. Da hierbei jedoch stets ein Zusammenquetschen des Eisens stattfindet, so kann es nicht fehlen, daß, indem das Blech an der durchlochten Stelle eine, wenn auch geringe bleibende Zusammendrückung in seiner Dicke erleidet, dasselbe sich nach den andern Dimensionen hin ausreckt, und daß folglich hierdurch die Theilung, welche die Mittelpunkte der Nietlöcher auf dem Blechrande angiebt, sich vergrößert. Ist die Anzahl der Löcher nicht beträchtlich, sind die Bleche nicht sehr stark und die Löcher nur von mäßigem Durchmesser, so hat der hierdurch entstehende Fehler keinen erheblichen Einfluß; wenn man dagegen sehr lange Bleche, oder sehr nahe zusammenliegende Löcher durchzustoßen hat, wenn also dieser Fehler sich sehr oft wiederholt, so kommt es vor, daß ungeachtet der sorgfältigsten Eintheilung der Nietlöcher, die Theilung sich so stark verändert, daß das Zusammentreffen der Nietlöcher zweier Bleche nicht mehr erzielt wird. Man muß dann dieser Eigenthümlichkeit gebührend Rechnung tragen, entweder, indem man die Löcher nicht der Reihe nach hintereinander durchstößt, sondern erst einige Löcher in größern Entfernungen, und dann die dazwischen liegenden, oder indem man durch Versuche den Fehler zu ermitteln, und bei der Eintheilung der Nietlöcher denselben zu berücksichtigen sucht, oder endlich indem man das Prinzip des Durchstoßens ganz aufgiebt, und die Löcher mit Hülfe einer Bohrmaschine durchbohrt.

§. 73.

Anordnung und Berechnung der Maschinen zum Schneiden und Lochen der Bleche.

Die Maschinen zum Schneiden der Kesselbleche und die gewöhnlichen Lochmaschinen beruhen auf ganz gleichen Prinzipien, beide nämlich trennen das Eisen durch Abscheeren, indem sie die in §. 34 erwähnte Festigkeit überwinden. Wegen der großen Aehnlichkeit in der Wirkung und wegen des bei der Fabrikation der Maschinen in der Regel in nahem Zusammenhange stehenden Gebrauches pflegt man häufig beide Operationen an ein und derselben Maschine zu vereinigen, und man construirt dann Maschinen, die gleichzeitig zum Schneiden und zum Lochen der Bleche dienen. Beispiele solcher Maschinen geben die Figuren 1 auf Taf. XI.; ferner Fig. 2 auf Taf. XIII. und Fig. 1 auf Taf. XIV., welch letztere so construirt ist, daß man sie entweder für die eine oder für die andere Operation einrichten kann, während man auf den beiden zuerst genannten Maschinen gleichzeitig beide Operationen bewirken kann.

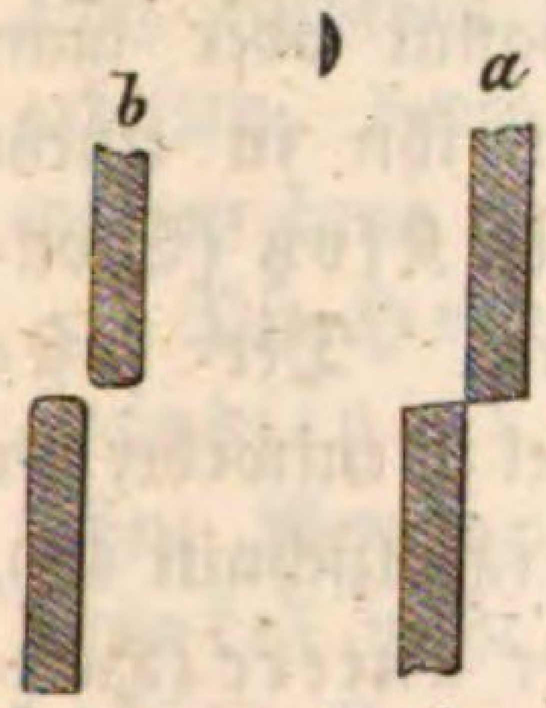
Nach §. 34 erfolgt das Abschneiden eines Körpers unter der Bedingung, daß der eine Theil desselben festgehalten wird und der unmittelbar angrenzende Theil desselben gezwungen wird, gegen den ersten in der Richtung der Trennungsfläche und parallel mit der Lage, die er unmittelbar vor der Trennung hatte, sich zu verschieben.

Das Abschneiden unterscheidet sich daher von dem Abbrechen dadurch, daß bei letzterem stets eine Biegung der Fasern vorhergeht, daß mithin die auf Trennung wirkende Kraft, und die, welche den Körper festhält, in parallelen Ebenen wirken, die einen bestimmten Abstand von einander haben, so daß sich also ein Kräftepaar mit einem bestimmten Hebelsarm bildet; während beim Abschneiden die auf Trennung wirkende Kraft, und die, welche den Körper festhält, in derselben Ebene oder vielmehr in unendlich nahe liegenden parallelen Ebenen wirksam sind, und sich daher ein solches Kraftpaar mit einem bestimmten Hebelsarm nicht bildet.

Diese Bedingungen werden erreicht durch die als Scheeren bekannten Werkzeuge, welche aus zwei Stahlplatten bestehen, die sich parallel und in genauer Berührung ihrer Oberflächen an einander vorbei bewegen. Diese Platten heißen die Backen der Scheere; sie sind entweder beide beweglich, oder es steht eine von beiden fest, und die andere schiebt sich über die erstere fort. Die Backen der gewöhnlichen Scheeren sind ebene Platten, bei den Lochmaschinen dagegen ist die eine Backe ein voller, die andere ein hohler genau passender Cylinder. Diejenigen Kanten der Backen, welche unmittelbar gegen das zu schneidende Metall wirken, heißen die Schneiden, wenn diese Schneiden sich sehr genau berühren, so sagt man, sie sind scharf; es ist dabei nicht nöthig, daß dieselben keilförmig gestaltet sind, wie gewöhnliche Messer, sie können vielmehr auch vollkommen rechtwinklig gegen die Schnittfläche stehen; gewöhnlich aber macht man sie ein wenig gegen die Schnittfläche geneigt, etwa

70 bis 88 Grad (Holzschnitt 45 bei a). Wenn dagegen die Schneiden durch den Gebrauch sich abrunden, so entsteht ein Quetschen des Metalls (Holzschnitt 45 bei b), und man bezeichnet die Schneiden dann als stumpf. Die Richtung der schneidenden Kanten ist gewöhnlich nicht parallel, theils weil die Construction mancher Scheere dies nicht gestattet, theils auch weil es nicht zweckmäßig ist, die ganze Schnittfläche auf einmal in Angriff zu nehmen.

(45)



Die Größe des Winkels, welchen die beiden Schneidekanten mit einander bilden, richtet sich nach der Dicke der zu schneidenden Gegenstände, und nach der Richtung, in welcher die Schneide bewegt wird; niemals darf dieser Winkel den Reibungswinkel erreichen, weil sonst das zu schneidende Stück seitwärts aus der Scheere herausgedrängt, aber nicht geschnitten werden würde; der Werth des Scheerenwinkels ist etwa 8 bis 10 Grad, bei sehr dicken Stücken auch wohl 15 bis 20 Grad.

Die Backen der Scheere sind aus Stahl, die Schneiden daran sind gehärtet.

Bei größern Scheeren sind die Backen durch besondere Stahlplatten gebildet, welche an das Gerüst und an die Bewegungstheile mittelst Schraubenbolzen, deren Köpfe in die Stahlbacken versenkt sind, angeschraubt sind; bei kleinern Scheeren sind nur die entsprechenden Theile verstählt, ohne daß sich die Backen abnehmen lassen. Da das Prinzip des Schneidens eine innige Berührung der Backen erfordert, so pflegt man die beiden Backen durch einen elastischen Druck, welcher von der Spannung der beweglichen Backe herrührt, aneinander zu pressen; die Schneiden müssen dann aber stets in Berührung bleiben, und es darf daher niemals die eine Backe von der andern ganz entfernt werden, weil sonst die Elasticität die eine Backe über die andere fortschnellen würde, und die Backen auf einander statt neben einander treffen würden.

Die Anordnung der Scheeren bietet nach der Art der Bewegungsübertragung an das bewegliche Messer und nach der Form desselben mancherlei Verschiedenheiten dar. Man kann in dieser Beziehung unterscheiden:

1) Scheeren mit Hebelbewegung.
2) Scheeren mit Parallelbewegung und Lochmaschinen.
3) Scheeren mit Rotationsbewegung.

1) Scheeren mit Hebelbewegung.

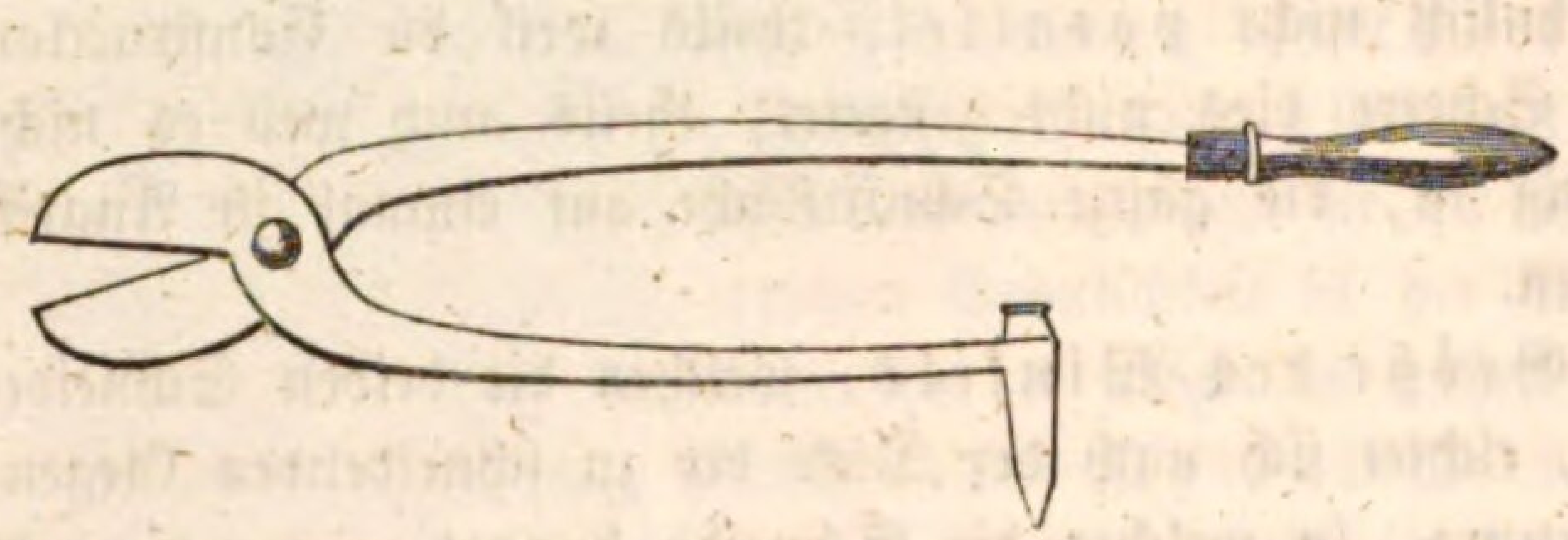
Die Scheeren mittelst Hebelbewegung sind die ältesten und einfachsten, sie werden entweder mit der Hand bewegt, oder man wendet dazu eine elementare Betriebskraft an. Die kleinsten Scheeren haben Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Schneiderscheere; die Schneiden sind etwa $^5/_4$ bis $2^1/_2$ Zoll lang, die Schenkel, welche die Handhaben bilden, haben ungefähr die vierfache bis fünffache Länge der Schneiden; beide Schenkel werden mit der Hand erfaßt und bewegt (Holzschnitt 46).

(46)

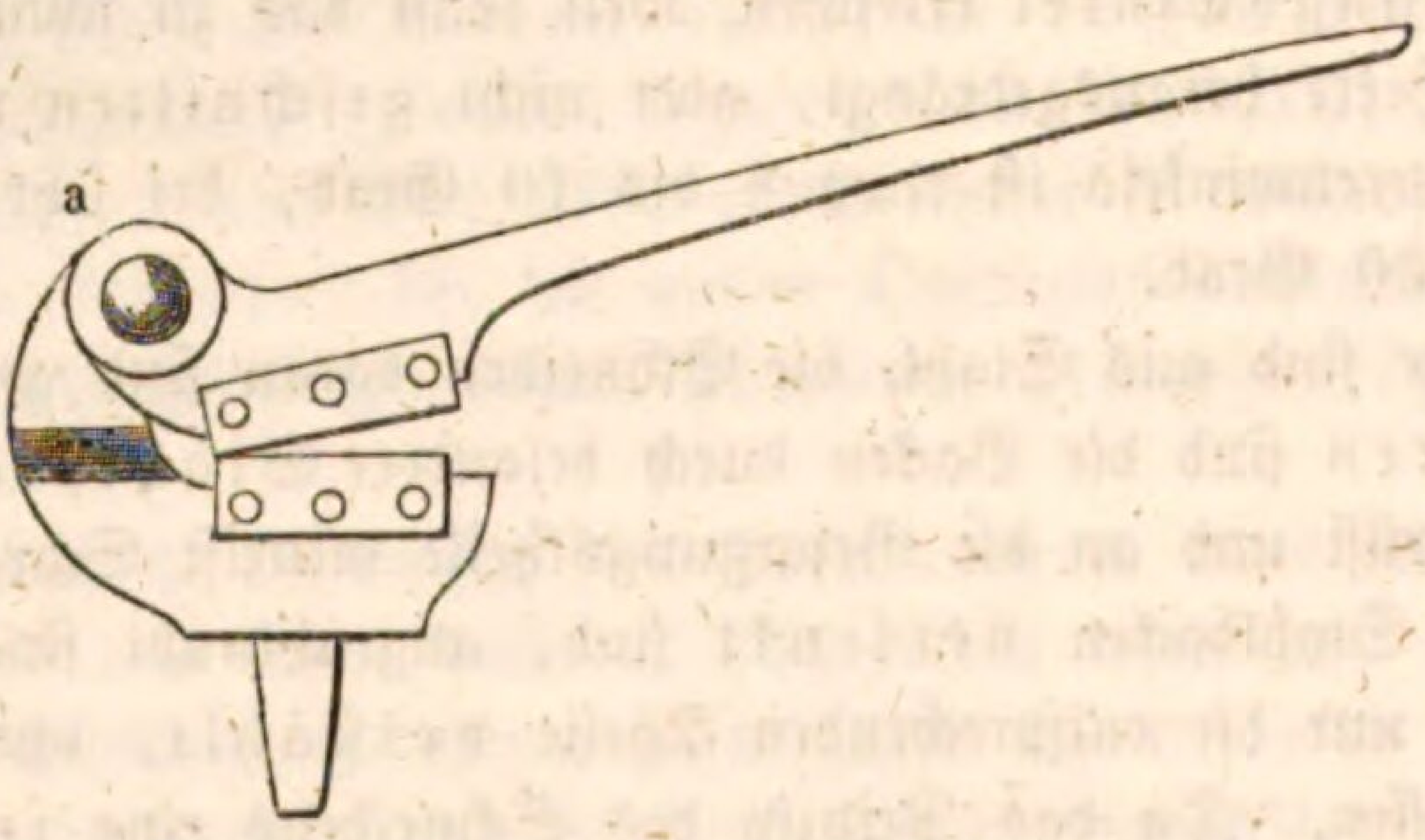


Größere Scheeren construirt man so, daß man den einen Schenkel fest macht und den andern niederdrückt, wenn man den Schnitt vollführen will. Der *feste Schenkel* wird entweder in einen *Schraubstock* gespannt oder man befestigt ihn in einem hölzernen *Klotz* (Stockscheeren). Der *feste* Schenkel ist entweder der *obere* (Holzschnitt 47), oder der *untere* (Holzschnitt 48). Diese letzte Anordnung bietet den Vortheil, daß das zu schneidende Stück auf dem festen Schenkel aufliegen kann und daß, indem man den Arm a, welcher den *Drehpunkt* der Scheere trägt, gehörig auskröpft, das zu *schneidende Blech* an der Scheere sich vorbeischieben läßt, ohne durch das Charnier behindert zu werden.

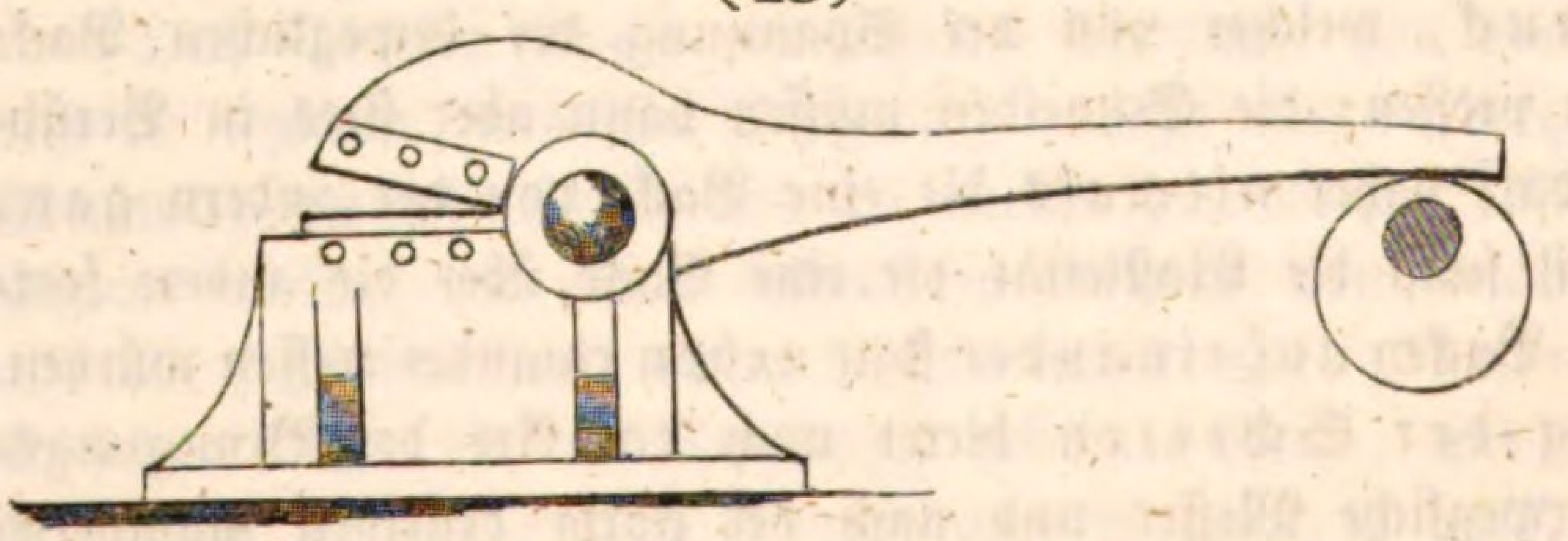
(47)



(48)

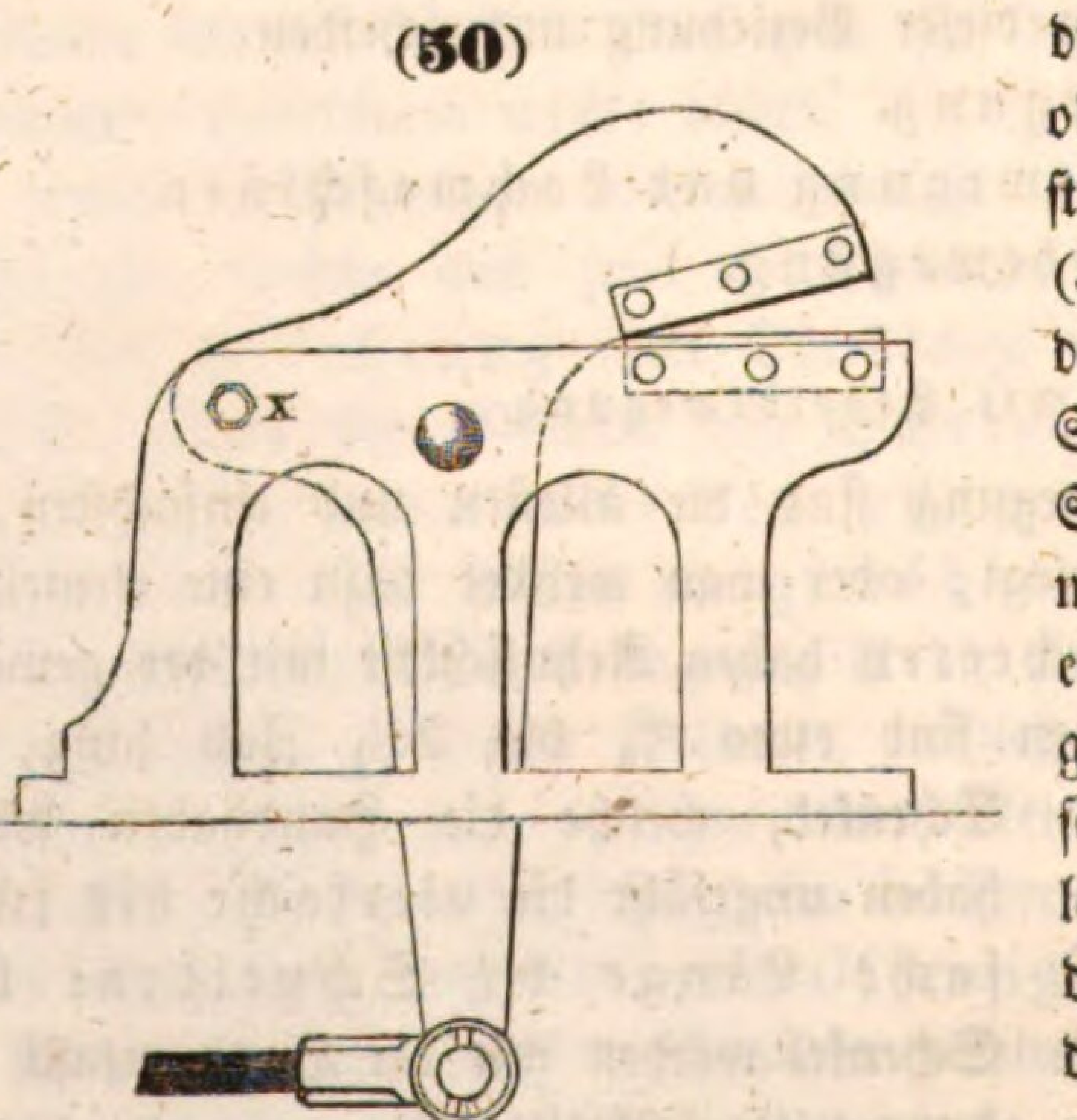


(49)



Wendet man zum Betrieb der Hebelscheeren *Elementarkraft* an, so bewegt man den drehbaren Schenkel entweder durch einen *Excentrik* (Holzschnitt 49), oder man kann dazu auch eine *Lenkerstange mit Krummzapfen* anwenden (Holzschnitt 50). In diesem Falle bildet die Schneide und der Schenkel der Scheere oft einen Winkelhebel. Die Schraube x in dem Holzschnitt 50 ist mit ihrem Muttergewinde in das Gerüst eingeschnitten, sie preßt mit ihrem Ende gegen die Verlängerung des Scheerenschenkels und drückt dadurch diese Verlängerung von dem Gerüste ab, folglich die *Schneide der Scheere*, welche das entgegengesetzte Hebelende bildet, gegen dieses *an*. Hierdurch wird beim

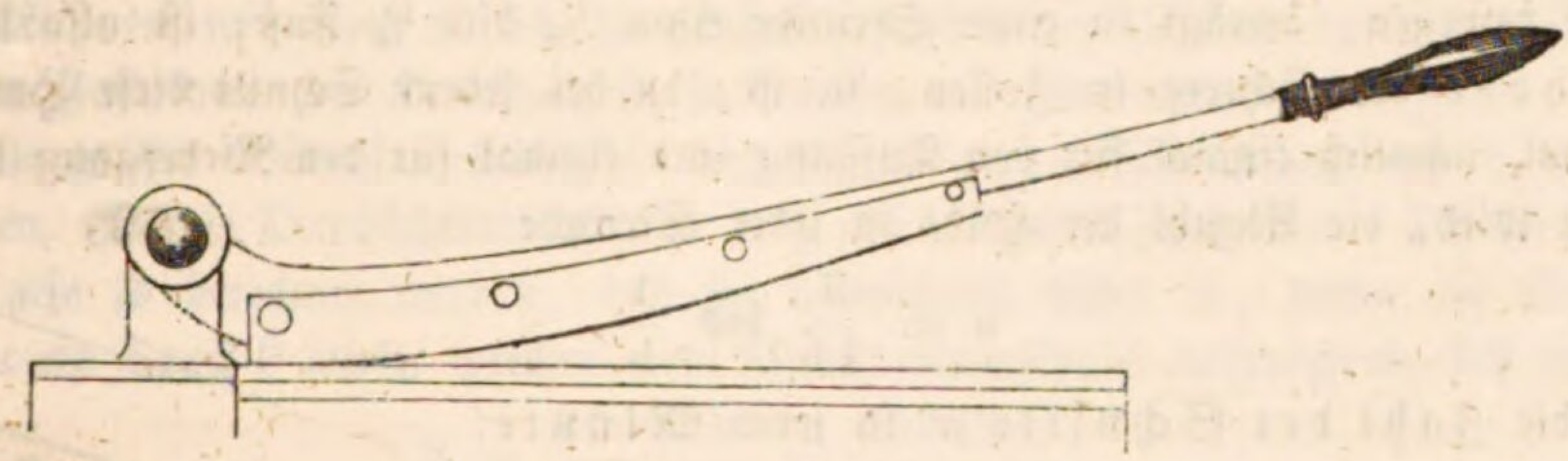
(50)



Schneiden eine innige Berührung der beiden Messer bewirkt, die man durch die Schraube reguliren, oder auch, wenn man selbige ganz zurückschraubt, fast ganz aufheben kann; dies hat den Vortheil, daß die Scheere, wenn sie ohne zu arbeiten, durch die Maschinenkraft leer hin und her bewegt wird, abgespannt werden kann und sich folglich nicht unnützer Weise stumpf arbeitet.

Die Hebelscheeren haben den Uebelstand, daß wenn beide Schneiden geradlinigt sind, der Scheerenwinkel vom Anfange des Schnittes bis zu dessen Beendigung sich fortwährend ändert, daß also der vortheilhafteste Winkel nicht constant ist. Will man den Scheerenwinkel constant erhalten, so muß die Form der einen Schneide eine logarithmische Spirale bilden, der Holzschnitt 51 stellt diese Anordnung dar und zeigt zugleich, wie man vor dem fest-

(51)



stehenden Schenkel eine ebene eiserne Tischplatte anbringen kann, an deren einem Rande die untere Schneide der Scheere so befestigt ist, daß ihre Schneidekante mit der Ebene der Tischplatte zusammenfällt. Sind die Bleche auf der einen Seite richtig beschnitten, so kann man die andern Seiten leicht winkelrecht oder auch nach irgend einer Schmiege schneiden, indem man auf der Tischplatte eine Schiene befestigt, welche gegen die Schneide die entsprechende Lage hat, und indem man das zu schneidende Blech mit der beschnittenen Seite scharf gegen diese Schiene anlegt. Endlich läßt sich leicht die Breite der abzuschneidenden Blechstreifen bestimmen, wenn man in angemessener Entfernung hinter der Schneide eine Platte anbringt, welche die Weite begrenzt, bis zu welcher man das Blech durch die Schneiden hindurch bei jedem Schnitt vorzuschieben hat.

2) Scheeren mit Parallelbewegung und Lochmaschinen.

Die Scheeren mit Hebelbewegung lassen sich wegen des veränderlichen Scheerenwinkels nicht gut zum Schneiden sehr breiter Stücke anwenden, wenn man nicht entweder die eine Schneide nach der logarithmischen Spirale construiren will, oder wenn man nicht, um die größere Länge des Schnittes zu erhalten, das Blech mehrmals gegen die Schneiden anschieben und den Schnitt durch wiederholtes Oeffnen und Schneiden der Scheere herstellen will. Man wendet daher zu sehr breiten Blechen und in neuerer Zeit im Allgemeinen in allen durch Elementarkraft oder überhaupt durch Maschinerie zu betreibende Scheeren vorzugsweise das System der Parallelbewegung der Scheeren an.

Die eine Schneide dieser Scheere steht fest, die andere, welche an einem zwischen Führungen in Coulissen beweglichen Stück befestigt ist, bewegt sich stets

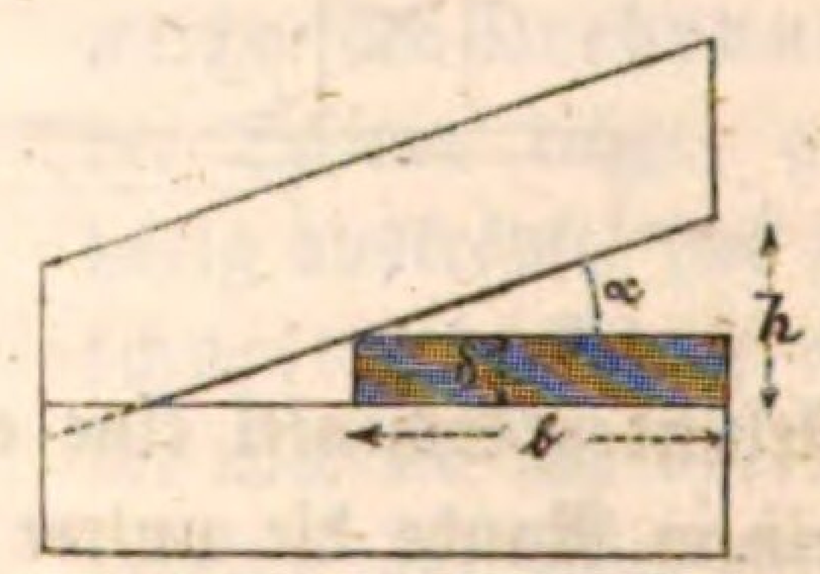
parallel mit sich selbst, geradlinig nieder und ändert daher die Größe des Winkels, den sie mit der andern Schneide bildet, während dieser Bewegung gar nicht.

Die Länge der Schneiden bei den Scheeren mit Parallelbewegung beträgt 6 Zoll bis 6 Fuß; diese sehr langen Schneiden sind schwer herzustellen, und erfordern für die Geradführung und für die Uebertragung der Bewegung einige Modifikationen des Gerüstes und der Bewegungstheile; sie kommen nur selten vor, gewöhnlich überschreitet man nicht eine Länge der Backen von 2 Fuß und zieht es vor, längere Trennungsfugen durch mehrere Schnitte herzustellen.

Die Hubhöhe der Scheeren muß so groß gemacht werden, daß der Weg, welchen die bewegliche Schneide zurücklegt, wenigstens gleich dem größten erforderlichen Abstande der beiden schneidenden Kanten ist.

Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Schneiden aneinander vorbei bewegen, beträgt in einer Secunde etwa $1/_8$ bis $1/_6$ Fuß; ist also h die Hubhöhe der Scheere in Zollen, so ist, da bei jedem Schnitt diese Hubhöhe zweimal, nämlich einmal für den Aufgang und einmal für den Niedergang durchlaufen wird, die Anzahl der Hübe in jeder Secunde **(52)**

$$n = \frac{3}{4\,h} \text{ bis } \frac{1}{h},$$



oder die Zahl der Schnitte n′ in jeder Minute:

(1) $$n' = \frac{45}{h} \text{ bis } \frac{60}{h}.$$

Bezeichnet man mit b die Breite, mit δ die Dicke des zu schneidenden Stückes und mit α den Scheerenwinkel, so ist (Holzschnitt 52)

(2) $$h = \delta + b\,.\,\operatorname{tang}\alpha$$

folglich

(3) $$\delta = h - b\,.\,\operatorname{tang}\alpha \text{ und } b = \frac{h-\delta}{\operatorname{tang}\alpha}.$$

Die Gleichung 2 giebt die erforderliche Hubhöhe, wenn die Breite und Dicke der zu schneidenden Stücke gegeben ist;

die Gleichung 3 giebt die Dicke, wenn die Breite der zu schneidenden Stücke, und die Breite, wenn die Dicke derselben bestimmt ist für eine Scheere, deren Hubhöhe gegeben ist.

In beiden Gleichungen ist der Scheerenwinkel angenommen.

Für einen Scheerenwinkel von

$\alpha =$	8°	10°	12°	15°	20°
ist $\operatorname{tang}:\alpha =$	0,141 :	0,176	0,213	0,268	0,364
$\frac{1}{\operatorname{tang}\alpha} =$	7,115	5,671	4,705	3,732	2,748.

Hätte man z. B. eine Scheere für $1/_2$ Zoll dicke Bleche, welche eine Schnittlänge von 12 Zoll geben soll, zu construiren, so müßte die Hubhöhe bei einem Scheerenwinkel von 12 Grad sein:

$$h = 1/_2 + 12\,.\,0{,}213 = 2\,1/_2 \text{ Zoll},$$

und die Anzahl der Schnitte in einer Minute würde nach Gleichung 1 betragen 18 bis 24.

Wollte man auf derselben Scheere Stücke von 1 Zoll Dicke schneiden, so würde die Breite des Schnittes nur (2,5—1) . 4,705 = 7 Zoll betragen können.

Der Querschnitt des zu schneidenden Eisenstückes ist hiernach verschieden, es wird aber für denselben ein Maximum existiren, denn nach Gleichung 3 ist der Querschnitt

$$b\delta = \frac{h\delta - \delta^2}{\tang \alpha}$$

und wenn wir nun, um das Maximum zu bestimmen, nach δ differenziren, so folgt:

$$\delta = \tfrac{1}{2}\,h, \; b = \frac{h}{2 \tang \alpha}$$

und
$$b\delta = \frac{h^2}{4 \tang \alpha} = \max.$$

Rechnen wir nach §. 34 die Schnittfestigkeit des Eisens durchschnittlich zu 45000 Zollpfund pro Quadratzoll, so werden wir hinreichend sicher gehen, wenn wir die größte Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Abschneiden um $\frac{1}{3}$ größer nehmen, als die Durchschnittsfestigkeit d. i. gleich 60000 Zollpfund. Die Maschine muß also so berechnet werden, daß sie hinreichend sicher ist, wenn im Schnittpunkte ein Druck P wirkt, welcher, dem Maximalquerschnitt entsprechend, sich ergiebt:

$$P = \frac{60000\, h^2}{4 \tang \alpha} = \frac{15000\, h^2}{\tang \alpha}.$$

In dem eben angeführten Beispiele wird also die Scheere auf einen Druck von

$$P = 15000 \,.\, 2{,}5 \,.\, 2{,}5 \,.\, 4{,}7 = 440625 \text{ Zollpfund}$$

zu berechnen sein. Der größte Querschnitt, welcher mit dieser Scheere sich schneiden läßt, ist 7,35 Quadratzoll, oder ein Stück Eisen von $\delta = 1{,}25$ Zoll Dicke und 5,88 Zoll Breite.

Auf den Druck P sind die Querschnitte des Gerüstes und der Bewegungstheile zu berechnen. Wenn das Gerüst z. B. auf Abreißen in Anspruch genommen wird, und man rechnet pro □Zoll Gußeisen mit hinreichender Sicherheit 3200 Zollpfund für die Inanspruchnahme auf absolute Festigkeit, so müßte der Querschnitt des Gerüstes $\frac{440625}{3200} = 140$ Quadratzoll betragen. Dieser größte Druck P, welcher den Widerstand gegen Abschneiden darstellt, wirkt indessen nicht mit constanter Intensität während des ganzen Weges h, welchen die Scheere zurücklegt, sondern nur in den ersten Stadien dieses Weges; denn

1) werden wegen der geneigten Lage der Messer nicht sämmtliche Fasern des Querschnittes gleichzeitig auf Zerschneiden in Anspruch genommen, und
2) findet die Trennung der Fasern nicht während der ganzen Dauer der Bewegung statt, sondern in der Weise, daß, nachdem durch den Druck der Scheere im Anfange der Bewegung erst unter zunehmendem Widerstande die Fasern bis zu einem gewissen Grade comprimirt worden sind, dann plötzlich und gleichzeitig sämmtliche Fasern abreißen. Zuverlässige Versuche über die Compression der Fasern vor der Trennung fehlen bis jetzt.

Da die Maschinen zum Lochen der Kesselbleche auf ganz ähnlichen Prinzipien beruhen, so können sie auch auf ganz ähnliche Weise berechnet werden.

Die Hubhöhe bestimmt sich hier lediglich nach der Stärke des zu lochenden Bleches; sie wird etwa $1\frac{1}{4}$mal so groß angenommen, als die Blechdicke δ; die Anzahl der Hübe in der Minute bestimmt sich bei derselben Geschwindigkeit, wie bei den Scheeren, wie oben:

$$n' = \frac{45}{h} \text{ bis } \frac{60}{h},$$

oder wenn wir hier $h = {}^5/_4\,\delta$ einführen

$$n' = \frac{36}{\delta} \text{ bis } \frac{48}{\delta}.$$

Bezeichnet man mit d den Durchmesser des Stempels, also auch den Durchmesser des durchzudrückenden Loches, und nimmt man die durchschnittliche rückwirkende Festigkeit des gehärteten Stahls, aus welchem der Stempel besteht, gleich 180 000 Zollpfund pro Quadratzoll an, so rechnet man sicher genug, wenn man den größten Werth der Festigkeit etwa $^1/_3$ größer nimmt, als den Durchschnittswerth; es ist also der größte Druck, welchen die Maschine in der Richtung des Loches auszuhalten hat,

$$P = {}^1/_4\,\pi\,d^2 \,.\, {}^4/_3 \,.\, 180\,000 \text{ Zollpfund},$$

denn bei jedem größern Druck würde unfehlbar der Stempel zerbrechen; wir werden also die Maschine sicher genug berechnen, wenn wir den größten Druck

$$P = 188\,500\, d^2 \text{ Zollpfund annehmen.}$$

Der Querschnitt der Trennungsfläche in dem Loche ist $\pi\, d\, \delta$, und wenn wir nach §. 34 den Widerstand P′, welcher sich der Trennung entgegenstellt, im Durchschnitt gleich 57570 Zollpfund rechnen, so ist

$$P' = 57570 \,.\, \pi \,.\, d \,.\, \delta.$$

Dieser Widerstand kann nicht größer sein, als derjenige, welchen der Stempel aushalten kann, denn wäre er größer, so würde der Stempel zerdrückt werden, bevor das Loch durchgedrückt wäre. Setzen wir $P = P'$, so ergiebt sich dadurch eine Beziehung zwischen d und δ, d. h. es bestimmt sich die größte Blechdicke d', welche mittelst eines Stempels von gegebenem Durchmesser gelocht werden kann,

$$188\,500\, d^2 = \pi\, d\, \delta' \,.\, 57570$$

$$\delta' = d;$$

und umgekehrt, es ist auch der **kleinste** Durchmesser, welcher mittelst einer Lochmaschine durch ein Blech von gegebener Dicke durchgedrückt werden kann, nahezu gleich der Blechdicke.

Die Form des Stempels der Lochmaschinen wird häufig so construirt, daß der Stempel nicht gleichzeitig in allen Punkten das zu lochende Blech erfaßt, sondern ähnlich wie bei den Scheeren. Dies wird erreicht, indem man entweder den Stempel abschrägt, bei ebenen Unterlagen (Holzschnitt 53 bei a und b), oder

(53)



a b c

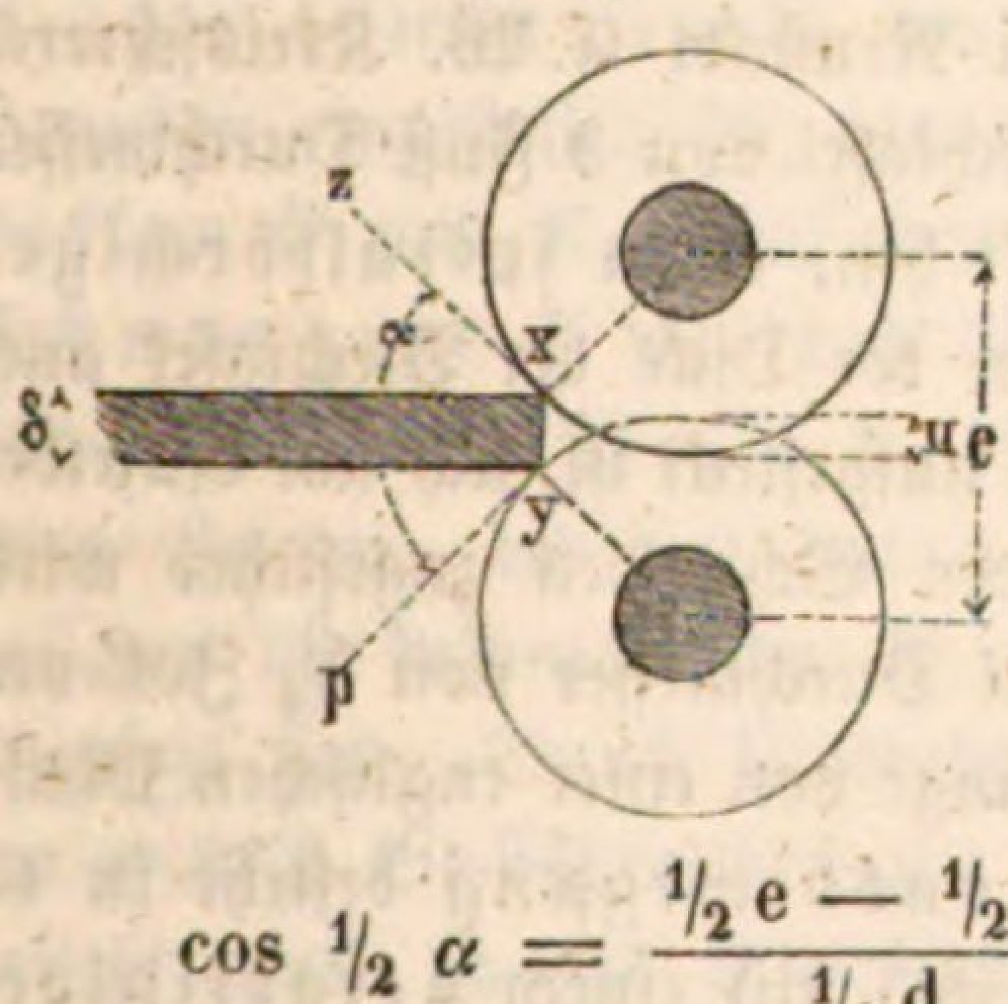
indem man die Unterlage abschrägt und den Stempel eben läßt (Holzschnitt 53 bei c); ob man die eine oder die andere Construction wählt, richtet sich nach der Bestimmung, welche das Loch erhält. Will man das Loch als solches benutzen, indem man das durchlochte Blech als Produkt der Maschine ansieht, so wählt man die erste Construction; der aus dem Loch herausgedrückte Putzen erleidet eine wesentliche Formveränderung; will man aber das herausgedrückte Stück benutzen, so giebt man der Unterlage die Abschrägung (Holzschnitt 53 c). Die im Holzschnitt 53 bei a dargestellte Form ist die für das Lochen der Bleche geeignetste, weil die Spitze des Stempels außer der Erleichterung der eigentlichen Arbeit der Maschine auch noch den Vortheil gewährt, daß man die Löcher ohne Schwierigkeit genau an die vorgezeichnete Stelle bringen kann.

Auf Taf. XI., XII., XIII. und XIV. sind verschiedene Constructionen von Scheeren mit Parallelbewegung und von Lochmaschinen dargestellt, und in folgendem Paragraphen beschrieben.

3) Scheeren mit Rotationsbewegung.

Die Scheeren mit Rotationsbewegung bestehen entweder aus zwei rotirenden Scheiben, welche die Messer der Scheere darstellen, oder aus einer rotirenden Scheibe und einem geradlinigen Messer. Die Scheeren mit zwei rotirenden Scheiben heißen auch Kreis- oder Circularscheeren; die Scheiben sind von Stahl, die Ränder derselben, wie bei den ebenen Messern, nach einem Winkel von 70 bis 88 Grad abgeschrägt, greifen ein wenig über einander, während sie mit einem elastischen Druck gegen einander gepreßt werden. Der Scheerenwinkel α bildet sich durch die Richtung der Tangenten x z und y p (Holzschnitt 54), welche in dem Punkte x und y, wo die beiden äußersten Ränder der Scheeren das zu zerschneidende Stück treffen, gezogen werden können. Man sieht leicht, daß sich ausdrückt:

(54)



$$\cos {}^1\!/_2\, \alpha = \frac{{}^1\!/_2 e - {}^1\!/_2 \delta}{{}^1\!/_2 d} = \frac{e - \delta}{d} = \frac{d - (u + \delta)}{d} = 1 - \frac{u + \delta}{d},$$

wenn e die Entfernung der Mittelpunkte der beiden Scheiben,
δ die Blechdicke,
d den Durchmesser der beiden Scheiben,
u das Stück, um welches sie übereinander greifen, bezeichnet.

Dieser Winkel ist veränderlich, denn in dem Augenblick, wo der Schnitt vollendet ist, geben die an den Durchschnittspunkt der Peripherien der Kreisscheiben gezogenen Tangenten den Scheerenwinkel und dieser drückt sich dann aus durch

$$\cos {}^1\!/_2\, \alpha' = \frac{e}{d} = \frac{d - u}{d} = 1 - \frac{u}{d}.$$

Nimmt man die Grenzen, zwischen welchen sich der Scheerenwinkel ändern darf, an, so ergeben sich bestimmte Beziehungen. Es ist nämlich nach obigen Gleichungen:

$$(1 - \cos {}^1/_2\,\alpha)\,d = u + \delta;\ \delta = (1 - \cos {}^1/_2\,\alpha)\,d - u$$

$$(1 - \cos {}^1/_2\,\alpha')\,d = u,$$

folglich die größte Blechstärke, welche man unter der Voraussetzung, daß der Scheerenwinkel nicht größer als α wird, schneiden kann:

$$\delta = d\,(\cos {}^1/_2\,\alpha' - \cos {}^1/_2\,\alpha).$$

Setzt man die Grenzen von α bis α', wie es zweckmäßig ist, zwischen 20 und 8 Grad, so ist:

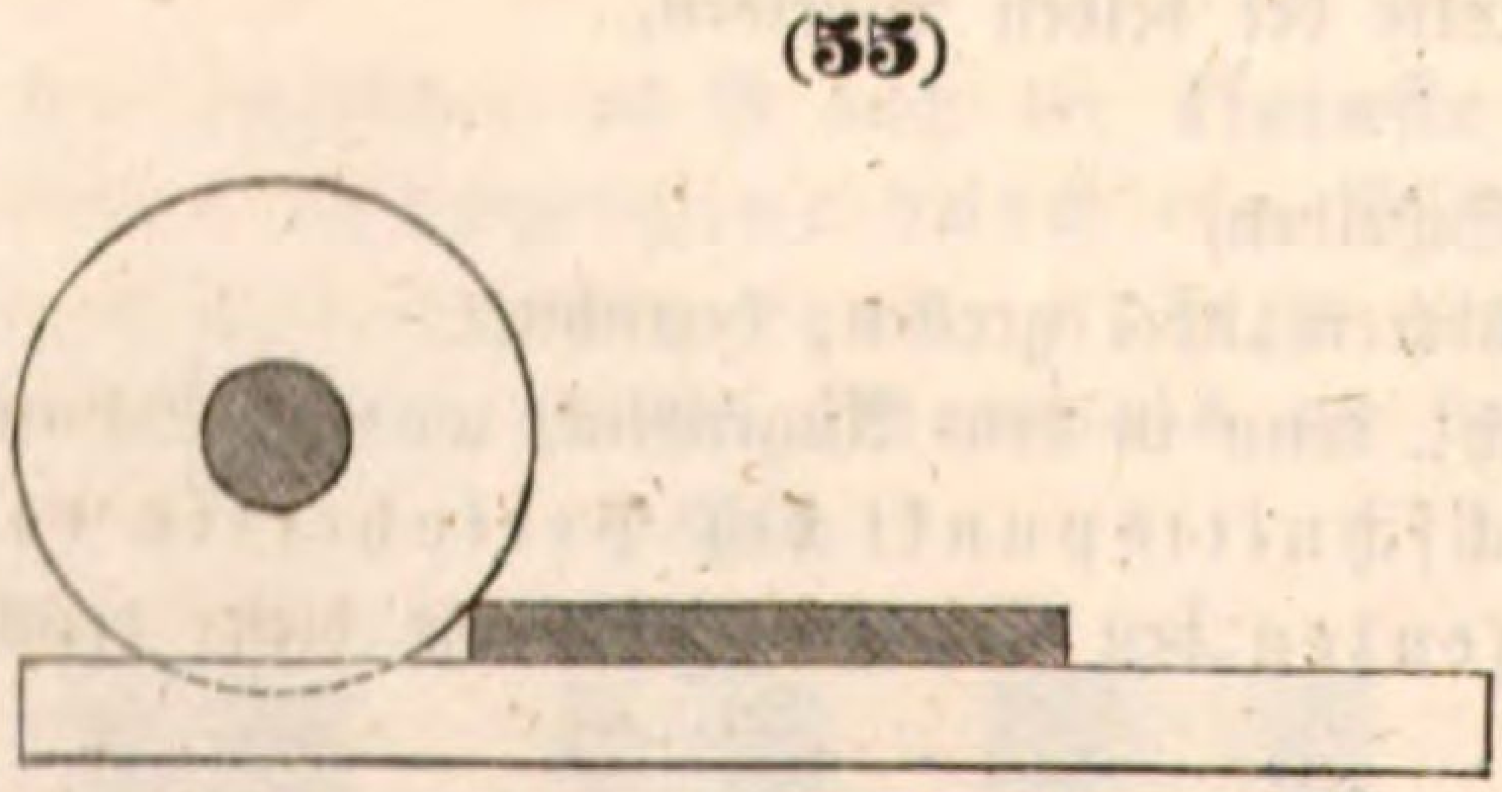
$$\cos {}^1/_2\,\alpha = \cos 10^\circ = 0{,}9976$$
$$\cos {}^1/_2\,\alpha' = \cos 4^\circ = 0{,}9848$$
$$\delta = 0{,}0128\ d \text{ oder etwa } \delta = {}^1/_{80}\ d$$
$$u = 0{,}0152\ d.$$

Man sieht hieraus, daß man mit der Kreisscheere im Allgemeinen nur geringe Blechstücke schneiden kann, da beträchtliche Blechdicken Scheiben von sehr großem Durchmesser erfordern würden, deren richtige Härtung mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden sein würde. Hätte man z. B. Bleche von 1 Linie Dicke zu schneiden, so müßten, wenn der Scheerenwinkel nur zwischen 20 und 8 Grad variiren sollte, folgende Verhältnisse stattfinden: Scheibendurchmesser $d = \frac{1}{0{,}0128}$ $= 78{,}12$ Linien, Uebergreifen $u = 0{,}0152\ d = 1{,}19$ Linien, Entfernung des Mittelpunktes $e = 76{,}93$ Linien.

Die Kreisscheeren haben dagegen den Vortheil, daß man mit denselben leicht Schnitte in der Gestalt von Kurven ausführen kann, indem man das zu schneidende Blech zwischen den Scheeren entsprechend dreht, so hat z. B. Herr Hüttendirektor Naht zu Heegermühle bei Neustadt E.W. Kreisscheeren construirt, mit welchen er aus einer kreisförmigen Blechtafel von 3 Fuß Durchmesser, von der äußern Peripherie aus nach dem Mittelpunkt hin, einen spiralförmigen Streifen von durchweg gleicher Breite und von der Dicke der Blechtafel ausschneidet, wobei die Blechtafel, welche auf einen Dorn aufgesteckt ist, sich um denselben drehen kann, und gleichzeitig in passender Weise den Schneiden zugeführt wird. Man kann solcher Gestalt die Blechtafel bis zu einem Durchmesser von $^5/_4$ Zoll vermindern und erhält dadurch Streifen bis zu einer Länge von einer englischen Meile.

Eine andere Art von Scheeren mit Rotationsbewegung besteht in der Kombination eines rotirenden Messers (Kreisscheibe) mit einem geradlinigen Messer (Holzschnitt 55). Die ältern Scheeren dieser Construction waren der Art, daß die Scheibe gedreht und das zu schneidende Blech auf dem geradlinigen Messer liegend an der Scheibe vorbei geführt wurde; auf der Pariser Industrie-Ausstellung waren jedoch einige hübsch construirte Maschinen in der amerikanischen Abtheilung ausgestellt, welche so construirt waren, daß das Blech, auf dem geradlinigen Messer fest liegend, dadurch geschnitten wurde, daß man die Scheibe an dem geradlinigen Messer entlang führte, indem man ihr eine

(55)



Rotationsbewegung ertheilte. Dies geschah bei kleinen Maschinen dadurch, daß das Scheibenmesser in einem kleinen Schlitten gelagert war, der mit der Hand fortgeschoben wurde, während eine an beiden Enden der Bahn befestigte und um eine auf der Axe des Scheibenmessers befindliche Schnurrolle umgewickelte Schnur die Scheibe nöthigte, bei dem Fortschieben sich zu drehen. Bei einer größern Scheere geschah das Fortschieben der Scheibe durch Räder-Vorlege mit Kurbel und die Scheibe wurde gezwungen sich zu drehen durch ein auf ihrer Axe sitzendes Rädchen, welches in eine, der Länge nach neben dem geraden Messer gelagerten Zahnstange eingriff.

§. 74.

Beschreibung einiger Maschinen zum Schneiden und Lochen von Kesselblechen.

Auf Taf. XI., XII., XIII. und XIV. sind mehrere Maschinen zum Schneiden und Lochen der Bleche und Platten dargestellt.

Taf. XI. Fig. 1 zeigt eine kleine Maschine, die gleichzeitig zum Schneiden und zum Lochen eingerichtet ist, und welche sich in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin in Anwendung befindet. Fig. 1^a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 1^b die Seiten-Ansicht und Fig. 1^c ein horizontaler Durchschnitt; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Das gußeiserne, mit drei Füßen auf dem Fußboden ruhende Gerüst A trägt sowohl den hohlen Lochring B, der mittelst Centrirungsschrauben einzustellen ist, als das feste Messer C, und die beiden Betriebswellen D und E. Auf der Welle D sitzt das mit einem Kurbelarm versehene Schwungrad F und das Getriebe G, welches durch Eingriff in ein Stirnrad H auf der Welle E diese in Umdrehung setzt. Die Welle E hat bei J einen Zapfen, der um den halben Hub der Scheere excentrisch ist, und welcher zwischen die beiden Backen K und K′ faßt, die kniehebelartig in das Gleitstück L eingesetzt sind. Durch Umdrehung der Welle E wird dieses Gleitstück L zwischen den mittelst Stellschrauben zur regulirenden Coulissen M und M′ auf- und niederbewegt, und da das Gleitstück oben das bewegliche Messer N der Scheere, und unten den Stempel O trägt, so wird beim Aufwärtsgange zwischen den Messern N und O der Schnitt vollführt, während beim Niedergange des Gleitstückes L der Stempel O mit Hilfe des Lochringes B durch das eingebrachte Blech ein Loch durchdrückt. Bleche von $^1/_8$ bis $^1/_6$ Zoll Dicke lassen sich auf dieser Maschine bequem mittelst Handbetrieb schneiden und lochen.

Taf. XI. Fig. 2 ist eine Kreisscheere aus derselben Werkstatt, gleichfalls für Handbetrieb. Fig. 2^a ist eine Ansicht von dem Ende her, an welchem der Betrieb stattfindet. Fig. 2^b eine Seiten-Ansicht, Fig. 2^c ein Längenschnitt und Fig. 2^d ein Querschnitt; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die kreisförmigen Messer A und A′ sind von Stahl und auf den Wellen B und B′ befestigt. Die Welle B′, welche das Messer trägt, welches bei dem Schnitt das Bestreben auf Abdrängen von dem Gerüst auszuhalten hat,

läuft in Buchslagern von Stahl. Die andere Welle B bewegt sich nur in ausgedrehten Buchsen von Gußeisen. Das Gerüst C, welches die Wellen B B′, sowie die Betriebswelle D trägt, ist von Gußeisen mit entsprechendem Ausschnitt E versehen, um breite Streifen von den Tafeln abschneiden zu können. Die Welle D trägt das mit Handhaben zum Drehen versehene Schwungrad F und das Getriebe G, welches in ein Zahnrad H auf der Welle B eingreift; durch die beiden gleich großen Räder J und J′ auf der Welle B und B′ wird die Welle B′ nach entgegengesetzter Richtung von der Welle B aus umgedreht, und so die Bewegung der Schneidescheiben A und A′ bewirkt. Das Gerüst C zeichnet sich durch zweckmäßige Vertheilung des Materials aus.

Taf. XII. Fig. 1 stellt eine starke Maschine zum Schneiden von Eisen vor, welche durch Maschinenbetrieb mittelst Riemscheiben in Bewegung gesetzt wird. Dieselbe ist aus der Werkstatt von A. Borsig in Berlin hervorgegangen. Fig. 1^a ist theilweise Seiten-Ansicht und theilweise Längendurchschnitt; Fig. 1^b ist die Vorder-Ansicht der Scheere; Fig. 1^c ist eine Ansicht des Betriebsendes; Fig. 1^d ein Horizontalschnitt durch das Gerüst nach der Linie a b in Fig. 1^a; Fig. 1^e ist ein solcher nach der Linie cd in Fig. 1^b und Fig. 1^f ist gleichfalls ein Horizontalschnitt nach der Linie e f in Fig. 1^b; sämmtliche Figuren sind in $1/_{16}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Das starke Gußeisengerüst A trägt oben eine schmiedeeiserne Welle B, deren eines Ende mit einer angeschmiedeten, um den Betrag der halben Hubhöhe excentrisch sitzenden Kurbelwarze C versehen ist; an dieselbe ist mittelst eines Kopflagers die starke Pleyelstange D angeschlossen, und diese wirkt auf das mittelst eines Charniers mit Bolzen angehängte rahmenförmige Scheerenstück E, welches auf dem Gerüst A mittelst Coulissenführungen F und F′ gleitet, und an welches das bewegliche Messer G der Scheere angeschraubt ist. Das feste Messer H ist an dem Gerüst durch fünf Schrauben befestigt. Die Construction der Führungen und des Scheerenstückes ist namentlich aus Fig. 1^b, 1^e und 1^f ersichtlich. Die Welle B erhält ihre Bewegung durch das Stirnrad J, welches in das Getriebe K auf der Welle L eingreifend mittelst der Riemscheibe M gedreht wird. Soll die Scheere still stehen, so wird der Riemen auf die Losscheibe M′ geschoben, zu welchem Behufe die Riemenführung N dient. Auf der Welle L sitzt das Schwungrad Q, welches zur Ausgleichung der veränderlichen Widerstände der Scheere dient.

Taf. XII. Fig. 2 zeigt eine kräftige Lochmaschine zum Durchdrücken rechteckiger Löcher, doch lassen sich durch entsprechende Abänderungen der Stempel auch kreisförmige Löcher auf derselben herstellen. Fig. 2^a ist die Ansicht vom Betriebsende, Fig. 2^b die Seiten-Ansicht und Fig. 2^c ein Horizontalschnitt; sämmtliche Figuren sind in $1/_{16}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Maschine ist, wie die vorige, in der Maschinenbau-Anstalt von A. Borsig in Berlin gebaut worden. Das durchbrochene Gerüst von Gußeisen A trägt wie bei der vorigen Maschine eine starke Hauptwelle B, die mittelst des Stirnrades C und des eingreifenden Getriebes D von der Welle E aus bewegt wird. Auf dieser sitzt neben dem Schwungrade F noch die Riemscheibe G, und neben dieser die Losscheibe G′.

Der Lochstempel wird in der Hülse H durch Centrirungsschrauben befestigt und in ähnlicher Weise ist der Lochring H′ an dem Gerüst A befestigt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Construction dieser Maschine und derjenigen der vorigen, besteht außer in der verschiedenen Art der Geradführung des Stempels, welche hier in einer an dem Gerüst befestigten Hülse J erfolgen kann, noch in der Art des Zusammenhanges der durch die Kurbelwarze K bewegten Pleyelstange L mit dem Stempelstück M, welches in der Hülse J gleitet. Während nämlich in der vorigen Maschine (Fig. 1 auf Taf. XII.) die Pleyelstange durch ein Charnier mit dem beweglichen Scheerenstück zusammenhieng, und letzteres daher durch den Kurbelzapfen sowohl niederbewegt, als auch wieder gehoben wurde, stemmt sich hier die Pleyelstange stumpf bei a mittelst eingesetzter Stahlbacken gegen das Stempelstück, und hat daher nur die Tendenz dasselbe niederzudrücken, aber nicht es auch wieder in die Höhe zu heben. Das Heben des Stempelstückes, nachdem es niedergedrückt worden ist, geschieht hier vielmehr durch ein Gegengewicht N, welches an dem Hebel O hängt, der an der Axe b befestigt ist und mittelst der auf derselben Axe befestigten Gabel c unter einem Querstift d des Stempelstückes faßt. Hierdurch wird bewirkt, daß in demselben Maaße, wie sich die Pleyelstange L zurückzieht, auch das Stempelstück in die Höhe geht, doch nicht weiter, als bis der Querstift d oben an den Schlitz der Hülse J anstößt. Man hat hierdurch ein einfaches Mittel den Stempel von der Pleyelstange unabhängig zu machen und ihn folglich in der höchsten Lage des Stempelstückes in Ruhe zu bringen, während die Maschine und namentlich die Pleyelstange fort arbeitet; man braucht nämlich nur die Pleyelstange L (Fig. 2[a]) nach rechts und dadurch von dem Kopf des Stempelstückes herabzuschieben. Soll der Stempel wieder arbeiten, so wartet man bis die Pleyelstange im höchsten Punkte angekommen ist, und zieht dann wieder das untere Ende der Pleyelstange nach links, so daß sie sich wieder gegen den Kopf des Stempelstückes stemmt.

Diese Operationen werden mittelst der Zugstange e bewirkt, die mit einem Ende an der Pleyelstange L, mit dem andern Ende aber an einen Winkelhebel f angeschlossen ist, dessen Drehaxe bei g liegt; durch das Gegengewicht h hat die Zugstange die Tendenz die Pleyelstange im Zusammenhange mit dem Stempelstück zu halten, wird aber durch den Hebel k die Welle g gedreht, und das Gewicht h gehoben, so schiebt die Stange e die Pleyelstange zur Seite. Bei m ist ein Knaggen, welcher den Ausschlag der Welle g begrenzt.

Diese einfache Vorrichtung läßt sich auch bei Scheeren anwenden, sie gestattet ein plötzliches Auslösen des Stempels oder des Messers, während die Ausrückung mittelst der Riemen-Verschiebung noch einige Bewegung dieser Theile durch das Moment des Schwungrades zuläßt.

Taf. XIII. Fig. 2 zeigt eine andere Anordnung für eine Maschine zum Schneiden und Lochen starker Bleche und Platten aus der Fabrik von Caird und Comp. in Greenock *) und zwar ist Fig. 2[a] die Hauptansicht

*) The Engineer and Machinist's assistant. London 1854.

von der Seite; Fig. 2^b die Ansicht von dem Ende, an welchem sich die Scheere befindet, und Fig. 2^c die Ansicht von dem Ende, an welchem sich die Vorrichtung zum Lochen befindet. Fig. 2^d ist eine Detailzeichnung der Hauptbetriebswelle mit dem beweglichen Scheerenstück, und mit dem Lochstempel. Sämmtliche Figuren in $\frac{1}{18}$ der natürlichen Größe.

Die Maschine zeichnet sich aus durch den geringen Raum, welchen sie im Grundriß erfordert, obwohl sie so stark construirt ist, daß man Platten bis zu 1 Zoll Dicke schneiden und lochen kann. Das Gerüst A besteht aus einem einzigen massiven Gußstück, an welches die Vorsprünge B, C und D E an entgegengesetzten Seiten herausgekragt sind; die ersten beiden B und C dienen für die Scheere, die beiden andern D und E für die Lochvorrichtung. Der Betrieb erfolgt von der liegenden Welle F aus, welche an der Decke des Maschinenraumes entlang geführt ist, und mit Hilfe der konischen Räder G und H die stehende Welle J in Umdrehung setzt. Diese Welle trägt oben ein horizontales Schwungrad, welches allerdings in der Ausführung einige Unbequemlichkeiten haben mag, und vielleicht durch ein Schwungrad auf der Welle F zu ersetzen wäre; außerdem befindet sich auf der Welle F das konische Getriebe L, welches in das große konische Rad M eingreift, und dadurch die Hauptbetriebswelle N der Maschine in Bewegung setzt. Die Endzapfen dieser Welle sind in dem Gerüst A gelagert; außerhalb dieser Zapfen trägt die Welle (Fig. 2^d) zwei excentrische Zapfen oder Warzen a a, deren Excentricität diametral entgegengesetzt ist, so daß die Arbeit der Scheere und des Lochers niemals zu gleicher Zeit stattfinden können.

Diese Warzen werden von den Gleitstücken b b umfaßt, die sich zwischen schwalbenschwanzförmigen Coulissen e e bewegen; der Deckel c c bedeckt und schützt diese Führungsstücke von vorn.

Zum Anziehen der Lager für die Welle N dienen die Keile d d. Das bewegliche Messer der Scheere f ist unmittelbar an dem einen Gleitstück durch Schrauben mit versenkten Köpfen befestigt, während der Lochstempel g in das andere Gleitstück eingesetzt und durch den Keil h darin befestigt ist. Ueber dem Keil h befindet sich noch eine Oeffnung i, welche dazu dient den Stempel herauszutreiben, falls dies erforderlich werden sollte.

Taf. XIV. Fig. 1 ist eine Maschine zum Lochen und Schneiden der Kesselbleche mittelst unmittelbar wirkenden Dampfdruckes, nach der Construction von Cavé in Paris, dargestellt nach Zeichnungen von Armengaud in dessen Publication industrielle. Fig. 1^a ist die Hauptansicht, Fig. 1^b die Ansicht des Endes mit der Lochvorrichtung, Fig. 1^c die obere Ansicht, Fig. 1^d ein Horizontalschnitt nach der Linie a b in Fig. 1^a; Fig. 1^e ist der Durchschnitt durch das Stück mit dem Lochstempel, und Fig. 1^f, 1^g, 1^h zeigen einige Details für die Umänderung der Maschine für den Zweck des Schneidens von Blechen an Stelle des Lochens. Sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{20}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Maschine dient gewöhnlich zum Lochen der Bleche von 5, 6 und 7 Linien Stärke, und für Durchmesser von 7 bis 9 Linien, doch ist sie stark genug, um Platten von 9 bis 12 Linien Dicke

mit Löchern von demselben Durchmesser zu versehen. Das starke Gerüst von Gußeisen A ruht auf einem hölzernen oder steinernen Unterbau B. Der Lochstempel a ist in das Gleitstück b eingesetzt, und wird mit diesem durch den starken schmiedeeisernen Hebel C niedergedrückt und gehoben; der Bügel c dient dazu, beim Heben des Stempels das Blech zurückzuhalten und das Herausziehen des Stempels aus dem Loch im Blech zu erleichtern. Das Gleitstück ist an den Hebel C mittelst zweier Bügel von Schmiedeeisen aufgehängt, und zwar so, daß die Bewegung des Hebels von der des Gleitstückes innerhalb gewisser Grenzen unabhängig ist; erst wenn der Hebel beim Niedergange etwa den halben Weg zurückgelegt hat, fängt er an auf den Kopf des Gleitstückes zu drücken; und ebenso folgt beim Aufgange des Hebels das Gleitstück demselben erst nach, wenn das Hebelende sich um den Betrag des Spielraums in den Bügeln gehoben hat. Diese Anordnung hat gewisse Vortheile, die namentlich beim Niedergange des Stempels darin bestehen, daß dessen Bewegung erst beginnt, wenn auch der Dampfkolben D auf halben Hube steht, folglich der Dampf in voller Wirksamkeit ist. Um die Bewegung auszugleichen und namentlich um dem Stempel über den todten Punkt fortzuhelfen, dienen die Schwungräder E E, welche auf der Krummaxe F befestigt sind, und mit dieser, vermöge der Pleyelstange G gedreht werden. Die Steuerung des Dampfkolbens D erfolgt durch den Arbeiter mit der Hand. Der Vertheilungsschieber d hängt an der Zugstange e, welche an den, um den Stützpunkt f drehbaren Hebel g angeschlossen ist; durch das Gegengewicht h wird das eine Hebelende stets niedergezogen, wodurch die Tendenz entsteht den Schieber stets in die höchste Stellung zu bringen, und so den Dampf aus dem Cylinder zu entlassen. Soll der Dampf unter den Kolben eintreten, so zieht der Arbeiter mittelst der Handhabe k das andere Ende des Hebels g nieder, hebt das Gewicht h, und drückt den Schieber in die Stellung, welche in der Figur gezeichnet ist; der Dampf hebt nun den Kolben, und der Arbeiter hat nur die Handhabe k nachzulassen, wenn der Dampf wieder entweichen soll. Will man die Maschine zum Schneiden gebrauchen, so wird der Lochstempel und der Lochring entfernt, und an deren Stelle die in Fig. 1 f im Grundriß, in Fig. 1 g in der Längenansicht und in Fig. 1 h in der Endansicht dargestellte Vorrichtung eingesetzt. Die Verhältnisse und Dimensionen dieser nach den Angaben von Armengaud gezeichneten Theile erscheinen wohl etwas zu schwach, und dürften in der Ausführung kräftiger zu halten sein.

§. 75.

Glühen, Biegen und Nieten der Kesselbleche.

Nachdem die Kesselbleche gehörig verzeichnet, eingetheilt, beschnitten, die Ecken ausgezogen und die Löcher für die Niete ausgearbeitet sind (§. 72. S. 418), werden sie in die richtige Form gebogen.

Zu diesem Zwecke müssen sie vorher angewärmt werden bis zur Rothglühhitze. Man bedient sich hierzu der Glühöfen, welche bereits in §. 62. S. 369 beschrieben und auf Taf. V. dargestellt worden sind.

Zum Biegen der Bleche für die Kesselfabrikation, und auch für andere Zwecke, wendet man entweder besondere Blechbiegemaschinen an, oder man bewirkt das Biegen durch Hämmern über bestimmte Schablonen oder Formen. Die letztgenannte Operation nennt man das Poltern oder Auspoltern der Bleche.

Die Blechbiegemaschinen lassen sich im Allgemeinen nur anwenden, wenn die Formen der Bleche krumme Flächen von einfacher Krümmung darstellen sollen, wenn dagegen die Bleche, wie z. B. bei den Böden der Kessel Flächen von doppelter Krümmung erhalten sollen, so ist das Biegen auf eigentlichen Blechbiegemaschinen nicht wohl anwendbar, und man zieht das Auspoltern in Schablonen vor.

Die gewöhnlichen Blechbiegemaschinen sind eigenthümlich construirte Walzwerke. Taf. XIII. Fig. 1 stellt eine solche Maschine dar, wie sie auf der Schiffswerfte von Robert Napier in Glasgow in Anwendung ist, und zwar nach Mittheilungen im „The Engineer und Machinist's Assistant."

Fig. 1^a ist die Längenansicht; dieselbe ist in der Zeichnung unterbrochen, um der Fig. 1^b, welche die Ansicht von dem Betriebsende darstellt, Platz zu geben; indessen haben die beiden Endstücke der Maschine die richtige Entfernung von einander, dasselbe gilt von der obern Ansicht Fig. 1^c. Fig. 1^d ist ein Endstück des Walzgerüstes, Fig. 1^e stellt die Operation des Biegens dar; Fig. 1^f ist ein Durchschnitt nach a b in Fig. 1^d, Fig. 1^g ein solcher nach c d, Fig. 1^h desgl. nach e f. Fig. 1^i desgl. nach g h in Fig. 1^d, und endlich ist Fig. 1^k die Ansicht einer der drei Walzen.

Das Gerüst der Maschine wird durch zwei Ständer A A von Gußeisen gebildet, welche durch zwei Zoll starke schmiedeeiserne Ankerbolzen a a a mit einander gehörig verbunden sind.

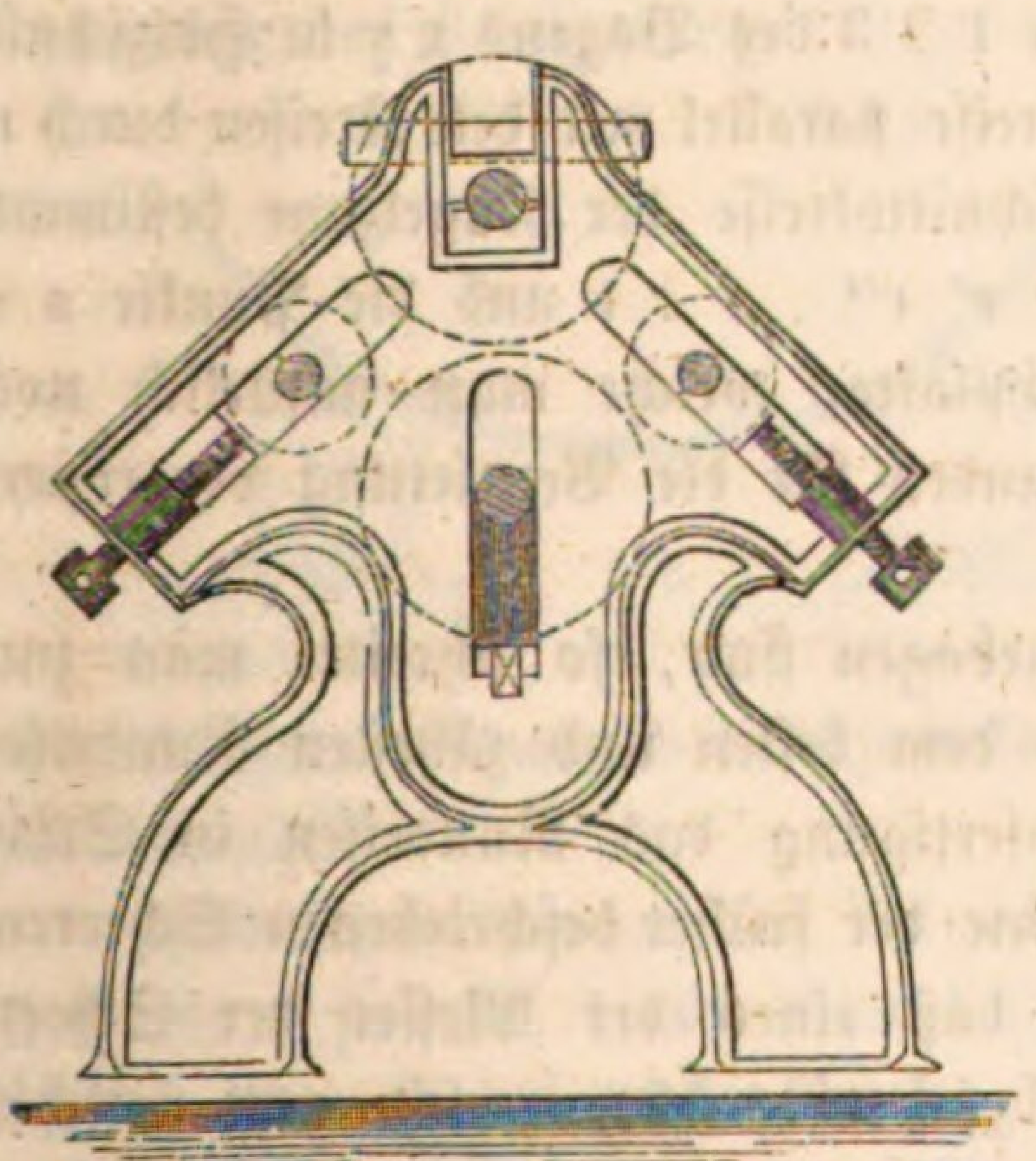
In diesen Ständern sind die beiden Rollen oder Walzen B und C gelagert, welche bei 10 Fuß Länge und 12 Zoll Durchmesser an beiden Enden Zapfen von 5 ½ Zoll Durchmesser haben. Dieselben Dimensionen hat die dritte Walze D, welche durch einen Mechanismus in ihren Lagern verstellbar ist, um dadurch die größere oder geringere Biegung der Bleche zu bestimmen, während die obere Walze B ebenfalls verstellbar ist, je nach der Dicke der Bleche, welche man biegen will. Die Stellung der Walze B erfolgt durch zwei starke Stellschrauben U U, deren sechsseitige Muttern von Metall in entsprechende Vertiefungen der Gerüststücke eingelassen sind; die Stellschrauben wirken gegen eine Stahlplatte, welche auf dem metallenen Lagerfutter ruht, in welchem sich die obere Walze B dreht; der Druck wirkt also nach aufwärts und nimmt das Gerüst auf absolute Festigkeit in Anspruch. Der Mechanismus zum Verstellen der Walze D wird mittelst der vertikalen Spindeln b b bewegt, die ihre Drehung durch die konischen Räder c c den Schraubenspindeln d d mittheilen, welche in langen, in das Gerüst eingelassenen und mittelst Nuth und Feder gegen Drehung gesicherten Schraubenmuttern von Metall e e arbeiten, und gegen die Lager der Walzen D wirken. Der Betrieb erfolgt nur an den Walzen B und C, während die Walze D nur durch Reibung mitgenommen wird; indem man aber die Walze D mit

einem Ende höher stellt, als mit dem andern, kann man auch solche Biegungen für die Bleche erlangen, bei denen das eine Ende der Tafel stärker gekrümmt ist, als das andere.

Auf dem Ende der Walzen B und C sitzen die Getriebe E und G, beide gleich groß, mit 16 Zähnen und $2\frac{1}{2}$ Zoll Theilung, durch dieselben wird die Bewegung der Walze C an die Walze B übertragen, während erstere ihre Rotation durch das große Stirnrad H mit 100 Zähnen und $1\frac{3}{4}$ Zoll Theilung erlangt, welches mit dem Getriebe I von 13 Zähnen auf der schmiedeeisernen Welle J in Eingriff steht. Die Welle J wird durch das Stirnrad K mit 75 Zähnen und $1\frac{1}{2}$ Zoll Theilung von der Welle L aus bewegt, auf der sich die Riemscheiben N O P Q befinden; zwei dieser Scheiben sind fest, die beiden andern lose; durch Anbringung eines offenen und eines gekreuzten Riemens kann man mit Hilfe der Ausrückungen R S und T die Maschine nach Erfordern in Betrieb und in Stillstand setzen, oder auch dieselbe vorwärts und rückwärts gehen lassen. Das äußere Ende der Betriebswelle wird durch das Bockgerüst M unterstützt.

Bei der Dampfkesselfabrikation hat man in der Regel nicht so starke und große Platten zu biegen, als die, für welche die eben beschriebene Maschine eingerichtet ist; es wird aber nicht schwer sein, nach der Anordnung dieser Maschinen leichtere Blechbiegungs-Maschinen zu construiren. Die Hauptwalzen sind dann nur 5 bis 6 Fuß lang und 8 bis 9 Zoll im Durchmesser, auch wendet man dabei wohl zwei Biegungswalzen von 4 Zoll Durchmesser von Schmiedeeisen oder wenigstens mit schmiedeeisernen Wellen an.

(56)



Holzschnitt 56 zeigt die Anordnung einer solchen kleinen Maschine zum Biegen der Bleche, mit zwei Biegungswalzen, man kann dieselbe bei einem Vorgelege von 3 zu 7 etwa mit zwei Arbeitern in Bewegung setzen.

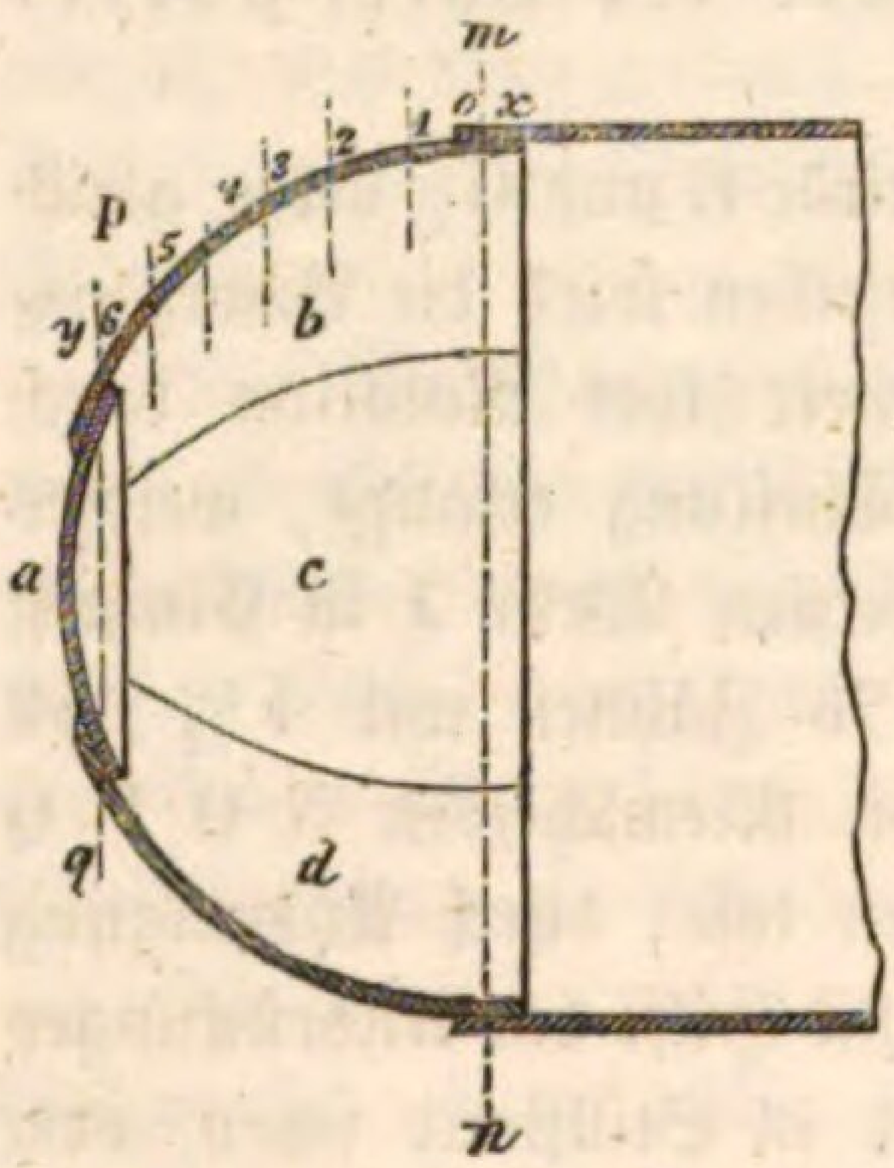
Wenn die Platten auf der Maschine gebogen sind, so haben sie noch selten die beabsichtigte Form; man richtet sie dann durch Hammerschläge nach, wobei man sich einer Lehre mit beweglichem Stiel bedient, um die Krümmung der Bleche zu untersuchen.

Um Bleche für Kesselböden durch Auspoltern in die richtige Form zu bringen, bedient man sich hohler Schablonen oder Schaalen aus Gußeisen von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Dicke. Man legt die Blechtafel auf dieselben und beginnt das Ausrecken entweder mit Handhämmern oder auch mit Maschinenhämmern, namentlich mit eigenthümlich construirten Dampfhämmern (vergl. S. 403), indem man von dem Rande anfängt und nach der Mitte hin arbeitet.

Zuweilen, namentlich bei Kesselböden von großem Durchmesser, setzt man die halbkugelförmige Schaale, welche den Kesselboden bildet, auch aus einzelnen Theilen zusammen, die man durch Niete vereinigt; der Schluß dieser Schaale

28 *

(57)

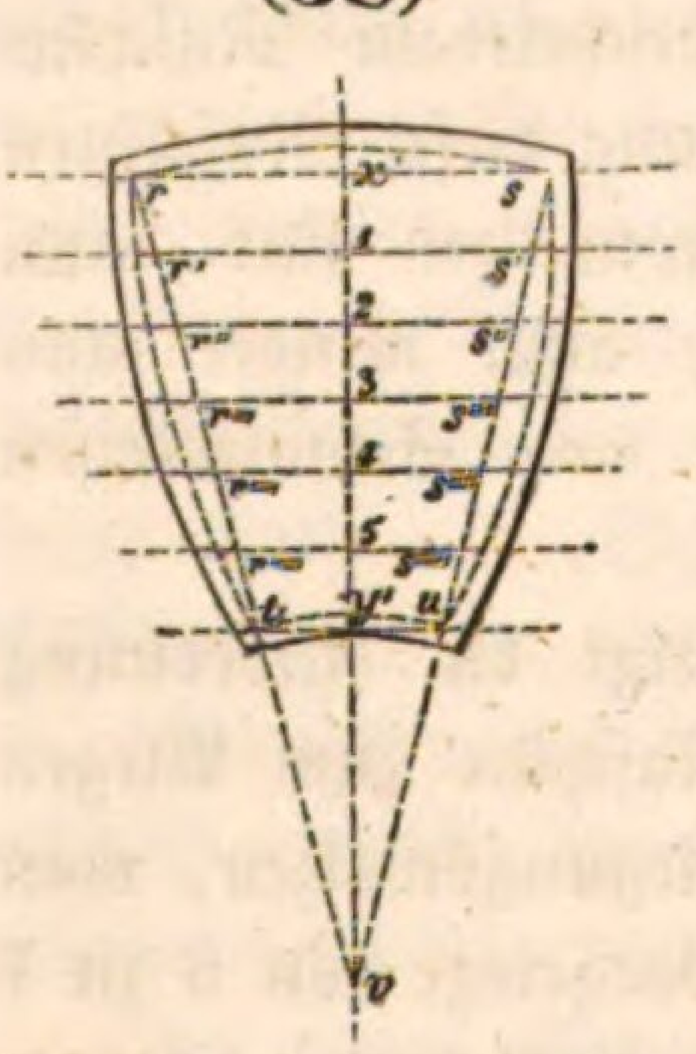


wird durch eine Kugelkappe a (Holzschnitt 57) gebildet, welche man in der eben beschriebenen Weise auspoltert; die Zone aber, welche zwischen der Kugelkappe und zwischen dem cylindrischen Kessel liegt, wird aus 4 bis 6 Platten zusammengenietet.

Um die Schablone für diese Platten zu finden, verfährt man folgendermaaßen.

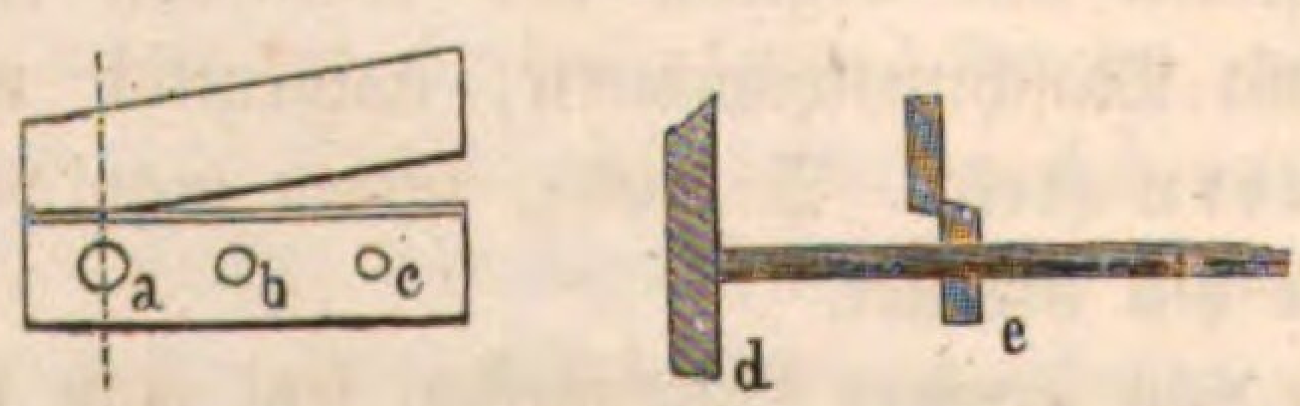
Man bestimme die Kreise durch m n und durch p q, welche durch die Mitten der Nietlöcher genommen sind, theile dieselben in so viel Theile, als man Kesselplatten nehmen will, beispielsweise also in 6 Theile; man theile dann den Bogen x y in möglichst viel gleiche Theile, so daß jeder Theil als geradlinigt angesehen werden kann. Auf einer geraden Linie (Holzschnitt 58) x′ y′ trage man diese Theile auf, so daß also das Stück x′ y′ gleich dem rektificirten Bogen x y ist, und die Theilpunkte 1 2 3 den gleichnamigen Theilpunkten in dem Bogen x y entsprechen; mache x′ r = x′ s gleich der Hälfte der Sehne des Sechstels vom Kreise durch m n und y′ t = y′ u gleich der Hälfte des Sechstels vom Kreise durch p q; verbinde die Punkte r t und s u und bestimme ihren Durchschnittspunkt v; aus v beschreibe durch r und t die Kreisbögen, mache die Ordinaten 1 r′ = 1 s′; 2 r″ = 2 s″ . . . . gleich den halben Sehnen der Sechstel der Kreise durch die Punkte 1 2 3 des Bogens x y in Holzschnitt 56, indem man diese Kreise parallel mit den Kreisen durch m n und p q als Durchschnittskreise der Kugelzone bestimmt; verbinde die Punkte r r′ r″ . . . t und die Punkte s s′ s″ . . . u, so giebt dies die Form der Blechplatte, welche man natürlich noch durch die Breite des halben übergreifenden Randes für die Vernietung vergrößern muß, wie dies die äußere Linie andeutet.

(58)



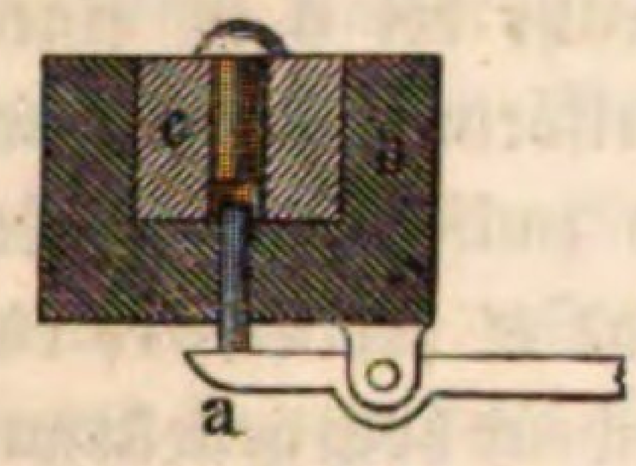
Wenn die Bleche in die richtige Form gebogen sind, so schreitet man zum Vernieten. Die Niete sind vorher aus dem besten und zähesten Rundeisen angefertigt. Man schneidet behufs ihrer Anfertigung das Rundeisen in Stäbe von bestimmter Länge, indem man dazu eine der früher beschriebenen Scheeren-Construction benutzt, mit der Modification, daß eines der Messer der Scheere mit Durchbohrungen versehen ist a b c (Holzschnitt 59), welche von verschiedenen Durchmessern sind, um Nieteisen von verschiedener Stärke schneiden zu können; hinter den Messern der Scheere ist in einem Abstande, welcher die Länge der abzuschneidenden Stücke bestimmt, eine Platte d befestigt; nun schiebt der Arbeiter, während die Messer der Scheere auseinander gehoben sind, das Ende des Rundeisens e durch die Oeffnung des Scheerenmessers bis es an die

(59)



Platte d anstößt, und dann schneidet die Scheere das vorstehende Ende ab. Auf diese Weise werden die abgeschnittenen Stücke alle gleich lang. Hierauf werden die Stücke in einer Esse rothwarm gemacht, und mittelst eines Schellhammers in einem Nageleisen mit den Setzköpfen versehen. Um die Arbeit zu beschleunigen,

(60)



kann man die im Holzschnitt 60 dargestellte Vorrichtung anwenden, indem man mittelst des kleinen Hebels a und einer mit demselben in Verbindung stehenden Stange den Niet aus dem Stahlring c, welcher in den gußeisernen Block b eingesetzt ist, heraushebt, sobald der Kopf vollendet ist.

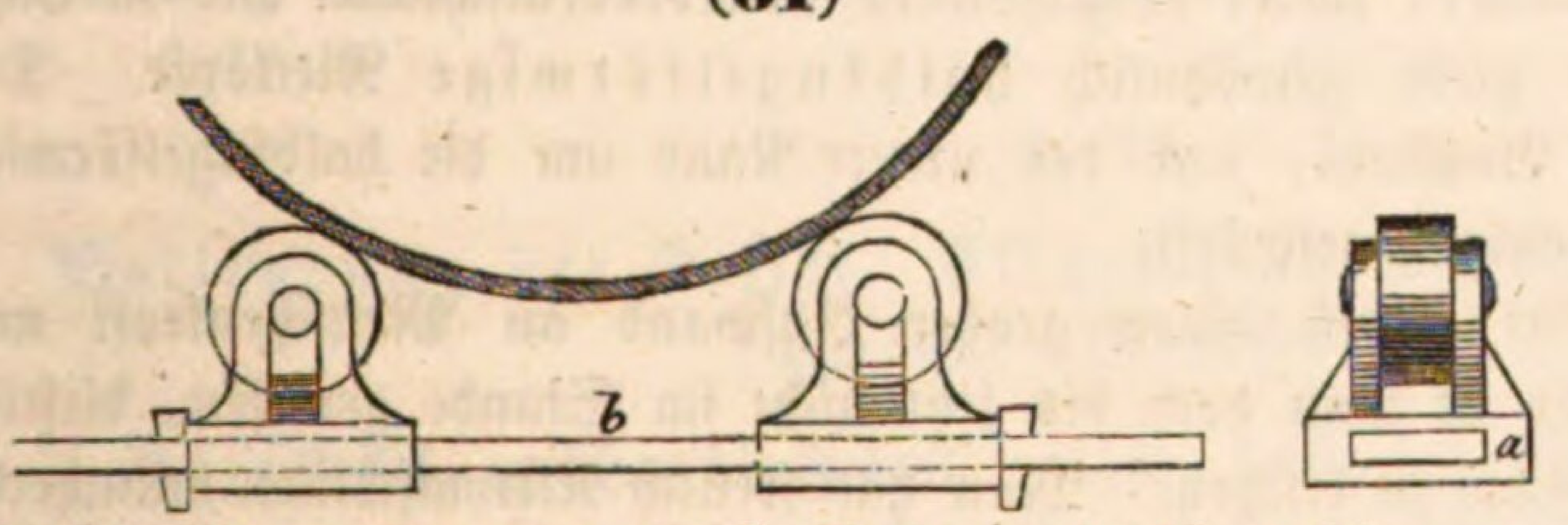
Die Anfertigung der Nietköpfe geschieht entweder durch *Handschmiedearbeit*, auch wohl mittelst eines Fallhammers und eines Gesenkes, oder endlich auch mit Hilfe von Maschinen, die den Nietmaschinen, welche wir weiter unten beschreiben wollen, ganz ähnlich sind.

Um die Platten zusammenzunieten, heftet man sie vorläufig mit Schraubenbolzen an einzelnen Stellen zusammen; die Niete werden rothwarm gemacht, und von Innen nach Außen hindurchgesteckt; der Setzkopf wird mit Hilfe eines *Schellhammers* oder aus *freier Hand* angeschmiedet, oder auch mittelst einer *Maschine angedrückt*. —

Dies ist der einfache Gang der Operation, und es bleibt nur noch übrig Einiges über die dabei gebrauchten *Hilfsmittel* anzuführen.

Wenn der Kessel *mittelst Handarbeit* genietet wird, so muß man die Stelle, an welcher gearbeitet wird, wo möglich *oben* haben, damit die Schläge *vertikal* auf den Nietkopf niederfallen können. Um das Arbeitsstück bei dieser Operation *leicht beweglich* zu machen, legt man es auf vier Rollen nach

(61)

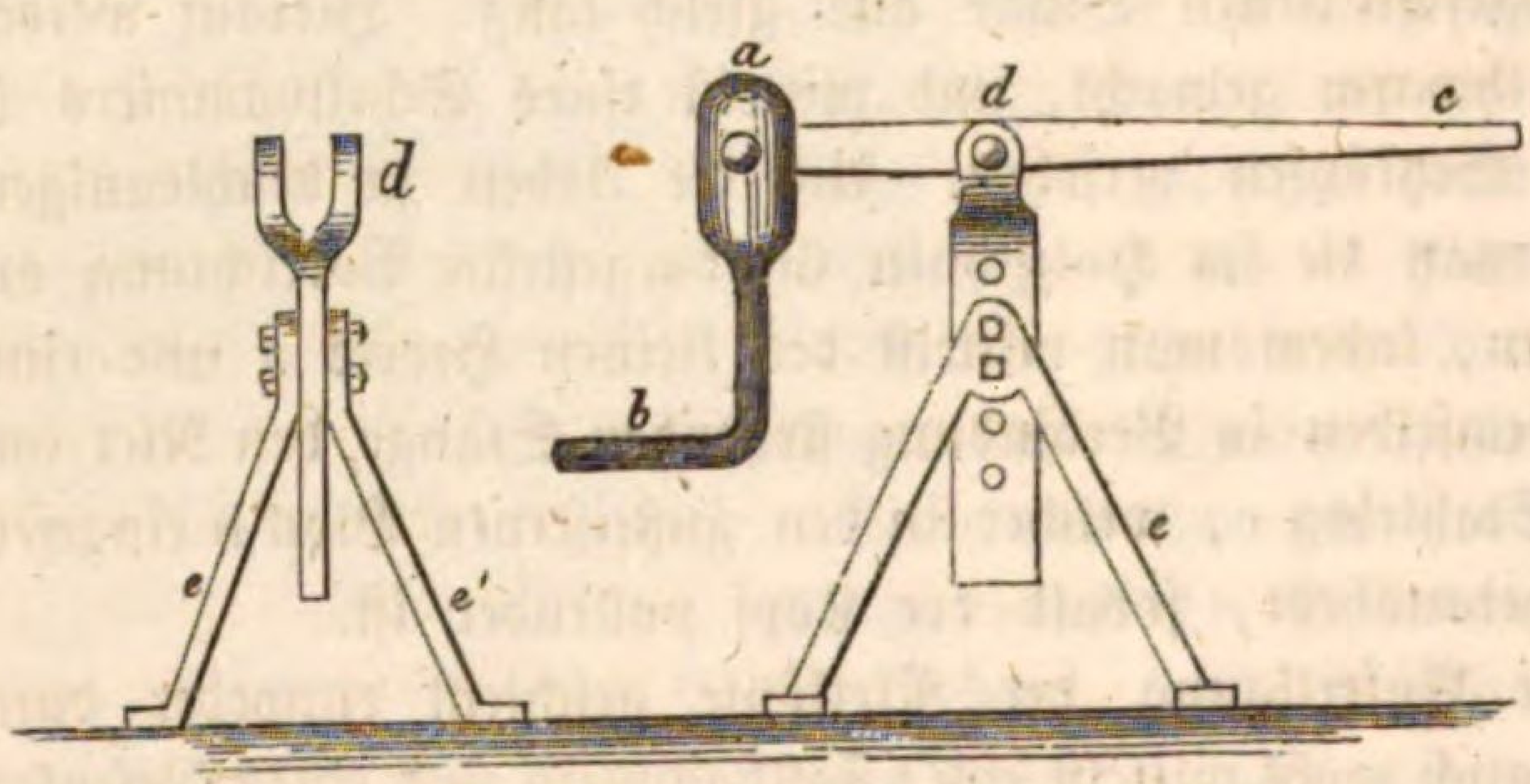


Andeutung des *Holzschnittes* 61. Die Rollen laufen in niedrigen Trägern von Gußeisen, welche bei a mit Oeffnungen versehen sind, um eine schmiedeeiserne Stange b durchzustecken, mittelst welcher man durch Keile die Rollen zusammenhält.

Das *Erwärmen der Niete* geschieht häufig in einem *transportabeln Schmiedefeuer*, damit man dasselbe möglichst nahe an den Kessel, der genietet werden soll, heranbringen kann; man legt gewöhnlich mehrere Niete zugleich in das Feuer, da die Arbeit des Nietens schneller, als das Erwärmen eines einzelnen Nietes von Statten geht.

Um den Schließkopf der Niete anzuschmieden, muß das Niet von unten her festgehalten werden und eine entsprechende Schmiedeunterlage erhalten. Hiezu bedient man sich einer *Keule*, die entweder aus freier Hand von dem Arbeiter wider das Niet gehalten wird, oder besser, wie im *Holzschnitt* 62 (S. 438) dargestellt, mittelst eines Hebels angedrückt wird. Die Keule von Schmiedeeisen hat bei a eine kleine Höhlung, welche etwas flacher ist als der Setzkopf

(62)



des Nietes; bei b ist eine Handhabe, um die Keule richtig zu dirigiren, der Hebel wird bei c von dem Arbeiter angedrückt; er ruht bei d in einem gabelförmigen Stück, welches zwischen den Füßen e und e′ des Bockes entsprechend hoch gestellt werden kann.

(63)



Eine andere Form der Keule, welche beim Vernieten der Kesselböden gebraucht wird, zeigt der Holzschnitt 63.

Zur Rietarbeit sind gewöhnlich sechs Arbeiter erforderlich; von denen drei außerhalb des Kessels den Nietkopf anhämmern, und zwei innerhalb des Kessels die Niete von unten her durchstecken und die Keule andrücken; der sechste endlich die Niete warm macht, und sie dem ersten der im Kessel befindlichen Arbeiter zuwirft.

Der Schließkopf des Nietes wird entweder aus freier Hand vollendet, oder man bedient sich dazu eines Schellhammers (siehe S. 410 Holzschnitt 38.) welchen man anwendet, nachdem aus freier Hand der Kopf angeschmiedet ist.

Das Nieten aus freier Hand ist besonders in Frankreich, Belgien und in Süddeutschland üblich; es liefert kegelförmige Schließköpfe, das Nieten mit dem Schellhammer findet vorzugsweise in Norddeutschland und in England Anwendung und giebt gewöhnlich halbkugelförmige Nietköpfe. Der Schellhammer ist von Gußstahl, und der untere Rand um die halbkugelförmige Höhlung herum ein wenig zugeschärft.

Ungeachtet die Niet-Arbeit einen großen Aufwand an Menschenkraft und Handarbeit erfordert, so ist man doch bis jetzt nicht im Stande gewesen, dieselbe vollständig durch Maschinen zu ersetzen. Man hat freilich Nietmaschinen mancherlei Art construirt, indessen bleiben dieselben immer nur in gewissen einzelnen Fällen anwendbar. Die bekannteste Nietmaschine ist die von Fairbairn angegebene und auf Taf. XIV. in Fig. 2 nach Zeichnungen in Armengaud publication industrielle dargestellt.

Taf. XIV. Fig. 2^a zeigt die Vorderansicht, Fig. 2^b den Querschnitt nach der Linie c d in Fig. 2^a; und 2^c die obere Ansicht; Fig. 2^d den Querschnitt nach der Linie a b in Fig. 2^a und 2^c; Fig. 2^e ist der Schnitt durch die Nietstempel in größerm Maaßstabe; Fig. 2^f zeigt die Details des Hebedaumens, und Fig. 2^g die der Rolle zum Heben des Niethebels. Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme der Fig. 2^e, sind in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Anordnung und die Wirksamkeit der Maschine ist aus der Zeichnung vollkommen verständlich. Auf der ersten Betriebswelle A, welche bei B ein Schwungrad trägt, sitzt die feste (C) und lose (C′) Riemscheibe, welche den

treibenden Riemen aufnimmt. Dieselbe macht etwa 24 bis 36 Umdrehungen in der Minute und setzt mittelst des Getriebes D und des Stirnrades E die Welle F in Bewegung, welche vermöge des Räderverhältnisses 1:6 nur 4 bis 6 Umdrehungen in der Minute macht. Auf der Welle F ist der Hebebaumen G befestigt, welcher gegen die Friktionsrolle H am Ende des Winkelhebels J wirkt und dadurch bei jeder Umdrehung der Welle F einmal den Stempel K gegen das Ende des Nietes drückt und den Schließkopf anpreßt, während der Stempel L in dem Ständer N als Widerlager dient. M ist eine Kurbel, durch welche ein Keil vorgeschoben werden kann, mittelst dessen man den Abstand des Stempels K von dem Widerlager L reguliren kann. Die Maschine läßt sich auch mit leichten Abänderungen zur *Fabrikation der Niete* und zum Lochen der Bleche benutzen.

Es dürfte empfehlenswerth sein, diese von *Fairbairn* construirte Maschine dahin abzuändern, daß die Welle A mit dem Schwungrade B eine größere Umdrehungsgeschwindigkeit bei derselben Zahl von Umdrehungen der Welle F erhielte, d. h. daß man zwischen den Rädern D und E ein größeres Umsetzungs-Verhältniß anordnete, und ferner noch eine Vorrichtung zum Ausrücken des Getriebes D anbrächte, um die Maschine augenblicklich zum Stillstand zu bringen, was gegenwärtig, selbst wenn man den Riemen auf die Losscheibe schiebt, wegen des Schwungrades nicht möglich ist.

Man hat in neuerer Zeit dergleichen Nietmaschinen auch *transportabel* construirt, um sie bequem nach jedem Platze der Kesselschmiedewerkstatt hinzuschaffen; auch hat man anstatt des *Riemenbetriebes* die *unmittelbare Wirkung des Dampfdruckes* angewandt, indem man ganz direct den beweglichen Stempel mit einem Dampfkolben verband, welcher mittelst einer *Handsteuerung* durch den Dampf hin und her bewegt wird. —

§. 76.

Vollendung der Kessel. Allgemeine Anordnung der Kesselschmiede-Werkstätten.

Jeder Kessel, welcher die Fabrik verläßt, sollte *vorher* der vorschriftsmäßigen Prüfung unterworfen werden. Dieselbe erfolgt in der Weise, daß der Kessel mit Wasser gefüllt wird, daß man sodann sämmtliche Oeffnungen bis auf eine, die man mit dem Druckrohr einer Druckpumpe in Verbindung bringt, verschließt, die Sicherheits-Ventile mit der 1½fachen derjenigen Belastung versieht, welche sie bei dem normalen Betriebe des Kessels haben dürfen, und nun mittelst der Druckpumpe Wasser in den Kessel preßt, so lange, bis die Ventile unter dieser stärkern Belastung sich öffnen. Man beobachtet nun, ob und welche Stellen des Kessels etwa *undicht* sind, und untersucht, ob der Kessel, nachdem der Druck aufgehoben worden ist, irgend eine *bleibende Formveränderung* erlitten hat. Sollte dies der Fall sein, so ist der Kessel für den Betrieb *unzulässig*.

Undichte Stellen des Kessels muß man *dicht* machen, entweder durch das sogenannte *Versetzen* oder *Verstämmen des Kessels*, oder auch durch eine Art von Verkittung. Ersteres geschieht mit Hilfe eines *Meißels*, mit

welchem man von Außen, oder besser von Innen, die Ränder der Blechtafeln an den undichten Stellen parallel mit der Fuge ein wenig aufhaut, dadurch die eine Kante des Bleches scharf an die Fuge anpreßt, und demnächst die andere Kante, welche durch dies Einstemmen aufklafft, wieder mit einem Hammer über der eingemeißelten Spalte herüberzieht. Das Verkitten, welches viel weniger empfehlenswerth ist, besteht darin, daß man in die undichten Fugen eine Salmiak-Auflösung hineinbringt, und dadurch das Zusammenrosten der Bleche in der Fuge zu befördern sucht.

Die Werkstätten, in welchen Nietarbeiten vorgenommen werden und welche man im Allgemeinen als Kesselschmieden bezeichnet, selbst wenn die Nietarbeiten zu andern Zwecken, als zur Kesselfabrikation bestimmt sind, erfordern gewöhnlich große und ausgedehnte Räumlichkeiten, die um so beträchtlicher sein müssen, je voluminöser die Gegenstände sind, die in denselben hergestellt werden sollen. Zu solchen Gegenständen gehören außer den eigentlichen Dampfkesseln auch andere Behälter mancherlei Art, Bottiche, Schornsteinröhren, Pontons, Schiffsgefäße u. dergl., außerdem werden in diesen Werkstätten auch Blechträger und Gitterbalken für Brücken und andere Bauconstructionen angefertigt.

Die Werkstattsgebäude für diese Arbeiten werden am besten so angeordnet, daß sie einen großen Hofraum vor sich haben, mit welchem sie an ihrer Frontseite durch breite Thorwege zusammenhängen. Eine Menge Arbeiten können dann auf diesem Hofe im Freien vorgenommen werden, namentlich die zur Vollendung der Kessel u. s. w. nöthigen Untersuchungen und Ajustirungen.

Auf dem Werkstatthofe stellt man zweckmäßiger Weise einen starken, möglichst weit ausladenden Krahn auf, um die schweren Stücke zu heben und zu verladen.

Die Werkstattsräume bestehen gewöhnlich aus einstöckigen Schuppen oder Remisen, welche im Innern möglichst wenig Stützen haben, so daß der freie Raum, den sie überdachen, so wenig als möglich unterbrochen ist. Man stellt aus diesem Grunde die Hilfsmaschine und die Oefen für die Kesselfabrikation in der Nähe der Umfassungswände, oder an den etwaigen stützenden Säulen des Gebäudes auf.

Zu diesen Hilfsmaschinen und Apparaten gehört:

1) eine Dampfmaschine nebst Kessel;
2) eine Blechbiegemaschine nebst Glühöfen;
3) eine oder mehrere Scheeren zum Abschneiden des Rundeisens für die Fabrikation der Niete;
4) ein oder mehrere Schmiedefeuer, um die Niete vorläufig mit den Setzköpfen zu versehen, nebst den zugehörigen Werkzeugen, oder eine Maschine zum Andrücken der Setzköpfe mit einem dazu gehörigen Schmiedefeuer zur Erwärmung der Niete für diese Operation;
5) verschiedene Scheeren, um die Blechtafeln nach der Vorzeichnung zu beschneiden. Hat man schwere Blechtafeln, so müssen an diesen Scheeren entweder Krahne stehen, an welchen man die Blechtafeln in Ketten aufhängen kann, oder es müssen niedrige, tischähnliche Gerüste mit Rollen vor-

handen sein, auf welchen die Blechtafeln ruhen können und sich leicht verschieben lassen;

6) Durchstoßmaschinen verschiedener Größe, um die Blechtafeln oder die Schienen zu lochen; es gelten hier für die Handhabung großer Bleche dieselben Bemerkungen wie unter 5);

7) Bohrmaschinen, namentlich Radial-Bohrmaschinen (siehe das entsprechende Kapitel im sechsten Abschnitt) zum Bohren derjenigen Blechtafeln und Schienen, bei welchen das Durchstoßen der Löcher nicht angemessen ist. (Vergl. §. 72. S. 419.) Diese Bohrmaschinen, als die leichtesten der bisher genannten Maschinen, können von der treibenden Dampfmaschine am weitesten entfernt stehen;

8) ein oder mehrere Schmiedefeuer nebst sämmtlichem Zubehör, um die nöthigen Schweißungen vorzunehmen;

9) ein kleines Schmiedefeuer mit den entsprechenden Hilfswerkzeugen, namentlich Schraubstock, Schleifstein u. s. w., um die Werkzeuge, z. B. Bohrer, die Messer der Scheeren, die Durchstoßstempel zu härten und im Stande zu erhalten;

10) einige kleine und transportable Schmiedefeuer, um die Nieten behufs des Vernietens anzuwärmen.

Zuweilen findet man noch:

11) eine Nietmaschine (§. 75).

Endlich:

12) verschiedene Werkzeuge zum Auspoltern der Blechtafeln, Schablonen, Hämmer, Feilen, Keulen, Böcke u. s. w.

Bei der Anlage der Kesselschmieden hat man namentlich auch darauf zu achten, daß sie leicht und bequem zugänglich sind, um die fertigen Gegenstände verladen und ohne Störung für den Betrieb der übrigen Werkstätten fortschaffen zu können. Man wird daher gut thun, dieselben möglichst nach vorne, oder dem Eingange zur Maschinenfabrik möglichst nahe zu legen, da kaum irgend ein anderer Theil der Fabrik größere und umfangreichere Gegenstände liefert, als eben die Kesselschmieden.

Fünfter Abschnitt.

Von den Gießereien.

§. 77.

Allgemeines über Gießereien. — Anfertigung der Gußmodelle.

Unter Gießerei versteht man im Allgemeinen den Inbegriff der Werkstätten, in welchen Gegenstände dadurch hergestellt werden, daß man Metalle schmelzt und dieselben in Formen gießt. Die auf diesem Wege dargestellten Gegenstände bedürfen in den meisten Fällen noch einer weitern Bearbeitung, um sie zu vollenden, und gelten daher als rohe Körperformen, man nennt sie Gußstücke.

Das bei der Herstellung der Gußstücke angewandte Verfahren charakterisirt sich im Allgemeinen in folgenden Operationen.

Zunächst wird die Form, d. i. der hohle Raum hergestellt, welcher später mit dem geschmolzenen Metall angefüllt werden soll; dies geschieht in der Regel, indem man zuerst ein Modell von dem darzustellenden Körper entweder aus Holz oder aus Gyps, auch wohl aus Metall anfertigt, und dieses in einem plastischen Material (Formsand — Masse — Lehm) abdrückt. Nach Anfertigung der Form wird das Metall geschmolzen und demnächst die Form gefüllt (Gießen).

Schließlich entfernt man die Form, nachdem das Metall hinreichend erstarrt ist, nimmt das Gußstück heraus und reinigt es von dem anhängenden Material der Form und des Metalls. Mit dieser Operation sind die Arbeiten, welche in den Bereich der „Gießerei" fallen, erschöpft, und das Gußstück verläßt zur fernern Bearbeitung oder zur unmittelbaren Verwendung die Gießerei.

Nach dieser Darstellung übersieht man leicht, daß die Arbeiten in den Gießereien in folgende fünf Hauptoperationen zerfallen:

1) die Anfertigung der Gußmodelle (§. 77--79);
2) die Bildung der Formen (§. 80—84);
3) das Schmelzen der zu gießenden Metalle (§. 85—90);
4) das Gießen selbst, oder die Füllung der Formen mit dem geschmolzenen Metall (§. 91);
5) das Ausheben und Reinigen (Putzen) der Gußstücke (§. 92).

Diese verschiedenen Operationen, welche bei jedem Gießerei-Betriebe vorzukommen pflegen, mit alleiniger Ausnahme der Anfertigung der Gußmodelle, welche bei gewissen Arten des Formens entbehrt werden kann, werden in mancherlei Weise modificirt nach der Art des zu gießenden Metalls.

Die Metalle, welche im Maschinenbau zur Darstellung von Gußstücken angewendet werden, sind vorzugsweise:

1) das Gußeisen;

2) die Legirungen von Kupfer, Zinn und Zink, welche als Messing, als Bronze u. s. w. bekannt sind, und von denen im dritten Abschnitt ausführlich gesprochen worden ist. (Vergl. §. 55.)

Anfertigung der Gußmodelle.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daß die Gußmodelle entweder aus Holz oder aus Gyps oder aus Metall (Gußeisen, Bronze u. s. w.) bestehen. Die Modelle aus Gyps werden vorzugsweise zum Formen von Kunstgegenständen, selten zu Maschinentheilen benutzt, weil sie zu zerbrechlich sind. Für das Formen von Kunstgegenständen haben die Gypsmodelle indessen den Vorzug, daß der Künstler das Original in Wachs oder in Thon modelliren kann, und daß der Gyps, indem er in gebranntem und gepulvertem Zustande mit Wasser angerührt wird, sehr geeignet ist ein zweites Modell zu bilden, welches von dem Original dadurch erhalten wird, daß man über dieses zuerst eine Wachs- oder Leimform gießt und in diese wieder einen plastischen Gypsabguß macht.

Die Darstellung der Modelle aus Metall findet wegen der Schwierigkeit und der Kostspieligkeit solcher Modelle nur in seltenen Fällen Anwendung, und zwar vorzugsweise nur dann, wenn entweder eine große Anzahl von Abgüssen nach demselben Modell gemacht werden soll, oder wenn es auf eine große Genauigkeit und Unabänderlichkeit der Dimensionen des Modells ankommt.

Jedenfalls ist der bei weitem größte Theil der Modelle, welche in Gießereien benutzt werden, aus Holz. Man wendet dazu am liebsten Erlen- (Ellern), Kiefern- (Weymuthskiefer) und Kastanienholz an, weil diese Hölzer in der Bearbeitung weich und leicht genug sind, und dabei unter allen inländischen Holzarten am wenigsten dem Schwinden nach der Quere ausgesetzt sind. (Vergl. §. 8. S. 29.)

Außerdem ist das Pflaumenbaumholz, auch das Ahornholz zu Modellen sehr geeignet, weniger gut Lindenholz, Eichen und Buchen. Von ausländischen Holzarten ist das Cedernholz und das Mahagoniholz am meisten zu empfehlen.

Es versteht sich von selbst, daß man zu Modellen möglichst trockenes, geradspaltiges und astfreies Holz verwenden müsse, und daß die fertigen Modelle gegen die Einflüsse der Luftfeuchtigkeit so viel als möglich zu schützen sind. Da sie gleichzeitig eine möglichst glatte Oberfläche besitzen müssen, damit der Formsand so wenig als möglich anhänge, so ist es zweckmäßig, die Modelle zu poliren, indem man sie mit gewöhnlicher Tischlerpolitur (Schellack in Weingeist aufgelöst) abreibt.

Will man die Arbeit des Polirens nicht an ein Modell wenden, so sollte man es wenigstens nicht versäumen, nachdem die Oberfläche gehörig glatt abgerieben ist, dieselbe mit Leinöl zu tränken, indem man dieses wiederholt aufträgt, einreibt und trocknen läßt.

Die Anforderungen, die man an ein Gußmodell zu stellen hat, sind im Wesentlichen folgende:

1) daß es sich formen lasse, d. h. daß es solche Gestalt besitze, daß das zur

Herstellung der Form benutzte Material (der Formsand) sich ohne Schwierigkeit an die Oberfläche des Modells in gehöriger Konsistenz heranbringen lasse;

2) daß es sich aus der Form herausheben lasse, ohne die Oberfläche der Form zu zerstören oder zu beschädigen;

3) daß der zu gießende Gegenstand, zu dessen Darstellung das Modell diente, so genau als möglich die beabsichtigte Gestalt und die beabsichtigten Dimensionen bekomme.

Die Anfertigung der Gußmodelle, so daß sie diesen Bedingungen entsprechen, setzt eine gewisse Kenntniß des Formerei-Betriebes voraus, und ist außerdem durch die mannigfachen Gestalten der zu modellirenden Gegenstände bedingt. Hier lassen sich nur einige allgemeine Gesichtspunkte und Regeln aufstellen.

ad 1. Damit die Modelle sich leicht formen lassen, muß man so viel als möglich alle Unterschneidungen und Ueberhängungen einzelner Theile vermeiden, da wo dies nicht möglich ist, zerlegt man die Modelle in einzelne Theile, formt diese einzeln, und setzt nachher die Form zusammen.

Alle Höhlungen und Durchbohrungen, welche ein Gußstück erhalten soll, werden im Modell nicht in der Gestalt von Höhlungen und Durchbohrungen angegeben, sondern es werden auf der Oberfläche der Modelle, da wo diese Höhlungen zu Tage treten, vorspringende Theile, welche den Querschnitt der zu Tage tretenden Oeffnungen haben, aufgeleimt; diese Theile heißen Kernmarken. Sie haben den Zweck, in die Form Vertiefungen zu bilden, welche die Enden der Kerne aufnehmen; dies sind massive Körper aus Sand oder Lehm, welche die Gestalt der Höhlung haben, und während des Gießens diese Höhlung ausfüllen, damit nicht das zu gießende Metall hineinläuft.

Es folgt hieraus, daß die Modelle stets als volle oder massive Körper angefertigt werden, gleichviel, welche Gestalt die innere Höhlung erhalten soll, und daß die Gestalt der innern Höhlung durch entsprechend gestaltete Kerne hergestellt wird.

Die Kerne werden entweder unmittelbar aus Sand, Masse oder Lehm modellirt, oder man macht zur Darstellung der Kerne besondere hohle Formen, welche man Kernkasten nennt. Die Anfertigung der Kerne und ihre richtige Aufstellung und Unterstützung in der Form bildet oft eine der Hauptschwierigkeiten beim Modelliren und Formen von Maschinentheilen und andern Gegenständen.

ad 2. Damit ein Modell sich aus der Form heben lasse, ohne die Oberfläche derselben zu beschädigen, hat man auf folgende Punkte zu achten:

a) die Projection irgend eines Querschnittes des Modells auf eine Ebene, welche normal ist zu der Richtung, in welcher das Ausheben bewirkt wird, darf nicht größer sein als die Projection irgend eines andern, beim Ausheben des Modells demselben vorangehenden Querschnittes auf dieselbe Ebene. — Um dies möglich zu machen, ist man oft genöthigt die Modelle in verschiedene Theile zu zerlegen, welche man einzeln aus der Form

herausnehmen kann. — Da nun aber das Modell sich nicht leicht ausführen ließe, wenn man diese Theile einzeln anfertigen wollte, und da andererseits, wenn man das aus einem Stück angefertigte Modell durch Zersägen in Theile zerlegt, durch die Dicke des Sägeschnittes die Form des ganzen Körpers verändert wird, so pflegt man sich oft mit Vortheil durch folgendes Verfahren zu helfen:

Da, wo das Modell eine Theilung erhalten soll, binde man vor der Vollendung des Modells zwei gehörig bearbeitete Flächen dadurch zusammen, daß man zwischen beide einen mit Leim überzogenen Bogen Papier legt, hierdurch erhält man für die Bearbeitung einen zusammenhängenden Körper und nach der Vollendung spaltet man die Papierfuge ohne große Mühe auseinander. Die einzelnen Theile müssen nach der Vollendung des Modells durch kleine Dübel oder Stifte zusammengehalten werden, so, daß man sie zwar leicht auseinander nehmen kann, daß aber eine Verschiebung derselben gegeneinander nicht möglich ist.

b) Wenn man prismatische Körper zu modelliren hat, welche später nach der Richtung der Axe des Prismas ausgehoben werden sollen, so pflegt man des leichtern Aushebens wegen von der genauen prismatischen Gestalt etwas abzuweichen, indem man die Modelle nach der Richtung der Axe ein wenig verjüngt (auf 12 Zoll Länge etwa um $^1/_{12}$ bis $^1/_8$ Zoll). Man muß aber dieses Hilfsmittel mit Vorsicht anwenden, und bei dem spätern Gebrauch der Maschinentheile darauf Rücksicht nehmen. So muß man z. B. zwei Stirnräder, welche mit einander arbeiten, so auf die Welle bringen, daß die Seiten, von denen sie ausgehoben sind, nach entgegengesetzten Richtungen liegen, damit sich die Zähne ihrer Breite nach gehörig berühren.

c) Alle scharf einspringenden Winkel, und überhaupt alle scharfen und schneidigen Kanten sind an einem Modell so viel als möglich zu vermeiden und durch abgerundete Uebergänge zu ersetzen.

d) Die Oberflächen der Modelle müssen trocken und so glatt und rein als möglich sein.

e) Manche Modelle können nur dadurch aus der Form gebracht werden, daß man sie schraubenartig herausdreht. Von diesen gelten ähnliche Vorschriften wie die obigen.

ad 3. Damit der Gegenstand, welchen man zu gießen beabsichtigt, so genau als möglich die beabsichtigte Gestalt und die beabsichtigten Dimensionen bekomme, sind folgende Gesichtspunkte von Wichtigkeit.

a) Wenn das glühende Metall die Form erfüllt hat und dann erstarrt, dehnt es sich zwar in manchen Fällen im Augenblick des Erstarrens ein wenig aus (Gußeisen), dann aber kühlt es ab und zieht sich zusammen. Das Gußstück ist daher immer kleiner als die Form.

Um nun ein Gußstück von bestimmten Dimensionen zu erhalten, muß man die Form größer machen. Das Maaß jener Zusammenziehung

nennt man das *Schwindemaaß*, und wir haben bereits in §. 25, S. 154 das Schwindemaaß für verschiedene Metalle zusammengestellt. Uebrigens ist dieses Schwindemaaß sowohl nach der Temperatur, welche das Metall *vor dem Erstarren* besaß, als auch nach der Gestalt der Gußstücke und nach der Beschaffenheit der Form verschieden.

Um indessen den Fehler, der in den Dimensionen des Gußstückes entstehen würde, einigermaaßen auszugleichen, hilft man sich dadurch, daß man die Modelle nach einem etwas *größern Maaßstabe*, als die natürliche Größe des Gußstückes arbeitet. Dieser Maaßstab heißt der *Schwindemaaßstab*; derselbe ist in der *Modelltischlerei* des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin auf jeden Fuß natürlicher Größe um $^1/_8$ Zoll länger; es ist dann diese größere Länge in Zolle, Linien u. s. w. eingetheilt.

Die Zeichnungen zu Gußmodellen werden nach diesem Schwindemaaßstab angefertigt, welcher einem *Schwindemaaß* von $^1/_{96}$ entspricht (S. 154).

b) Die Gußmodelle müssen möglichst genau und richtig gearbeitet werden, und

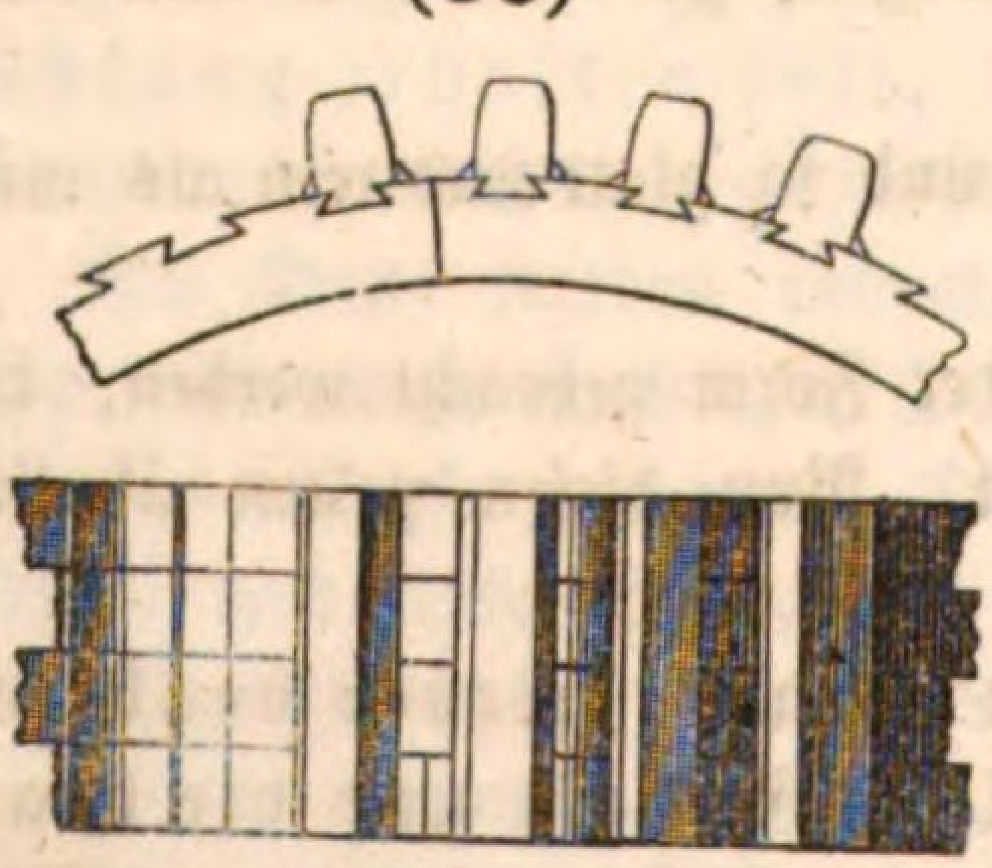
c) man muß zu denselben nicht nur eine *Holzart* und ein *Material* wählen (s. oben), welche dem Schwinden und Werfen möglichst wenig ausgesetzt sind, sondern man muß auch in der *Wahl der Lage der Holzfasern* mit Umsicht und Sorgfalt zu Werke gehen. (Vergl. §. 8. von S. 32 bis zum Schluß.)

In dieser Beziehung pflegt man den Grundsatz festzuhalten, daß man ein *Modell, welches sich möglichst wenig werfen und ziehen soll, aus vielen einzelnen Stücken, in denen die Richtung der Holzfasern so viel und so gleichmäßig als möglich abwechselt, zusammenleimen müsse.* So werden z. B. die *Kränze kleiner Räder* dadurch hergestellt*), daß man Furnirholz in mehrern Dicken übereinander leimt (Holzschnitt 64). Bei *größern Rädern* werden Bogen- oder Felgenstücke von der Dicke des Kranzes in mehrern Lagen mit verwechselten Fugen neben einander geleimt, bis die Kranzbreite erreicht ist (*Holzschnitt* 65). Der Kranz eines Modells zu einem *konischen Rade* wird auf gleiche Weise aus mehrern Felgenlagern zusammengeleimt, jedoch so, daß später der Kegelmantel des Kranzes gehörig ausgearbeitet werden kann, wie die punktirte Linie in *Holzschnitt* 66 andeutet.

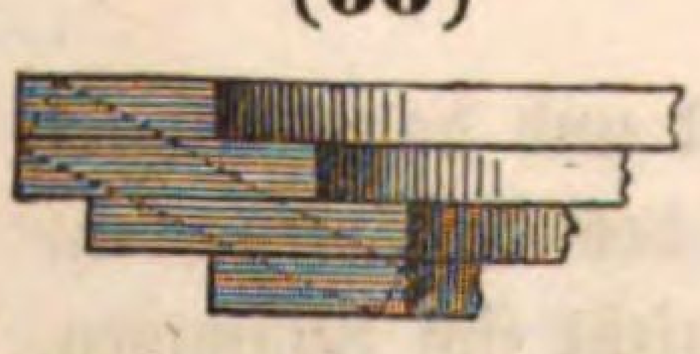
(64)



(65)



(66)



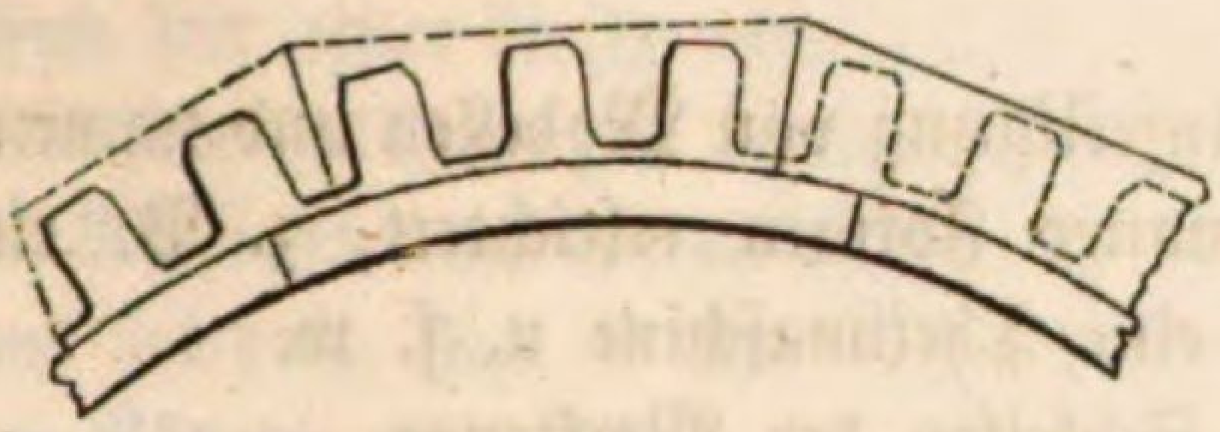
Die *Zähne der Stirnräder* können im Modell auf verschiedene Weise hergestellt werden. *Entweder* nämlich hobelt man lange Latten von dem Profil der Zähne aus,

*) Salzenberg „Vorträge über Maschinenbau“.

indem man in ein Stück Blech dieses Profil einschneidet und die Latten so ausarbeitet, daß sie durch diesen Ausschnitt genau passen, oder man schneidet die Zähne aus dem vollen Holze des Modells aus.

Im ersten Falle schneidet man von den Latten Stäbe von der Breite der Zähne ab und leimt sie auf den Kranz der Räder auf (Holzschnitt 64), oder man schiebt sie in entsprechenden Nuten in den Kranz ein (Holzschnitt 65). Im andern Falle leimt man auf den Kranz Bogenstücke fest, deren Dicke etwas größer ist als die Höhe der Zähne (Holzschnitt 67), deren Breite gleich der Kranzbreite ist und deren Stoßfugen in die Zahnlücken treffen; die Holzfasern dieser Bogenstücke müssen mit der Richtung der Breite der Zähne parallel liegen. Aus diesen Bogenstücken werden die Zahnlücken auf einer Radschneidemaschine (Taf. XVI. §. 79.) mittelst Fraisen von der Form der Zahnlücken ausgehauen, indem man zugleich mittelst der Theilvorrichtung dieser Maschine die richtige Theilung des Rades vornimmt.

(67)

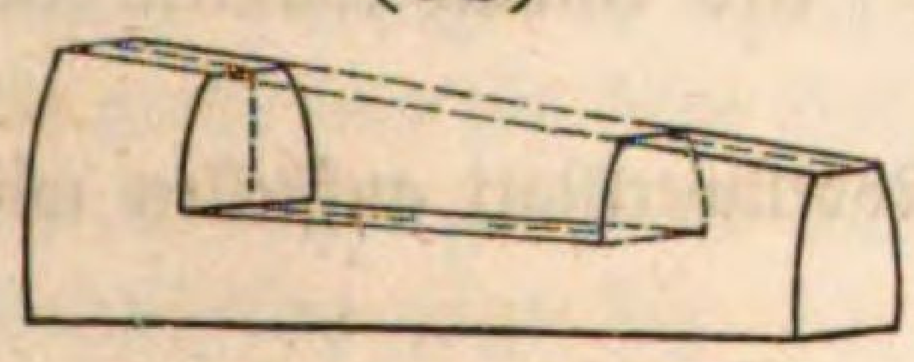


Die Constructionen der Räderschneidemaschinen für hölzerne Räder unterscheidet sich wenig von derjenigen für metallene Räder, und wird später erörtert werden.

Hat man keine Räderschneidemaschine, so kann man die Ausarbeitung der Zähne der Radmodelle für Stirnräder auch auf einer Drehbank mit Theilscheibe bewirken, indem man die Zahnlücken mit einem entsprechend gestalteten Hobel ausstößt, welcher sich auf einer Vorlage der Drehbank bewegen läßt.

Die Zähne konischer Räder-Modelle werden entweder auch auf der Räderschneidemaschine geschnitten, oder man arbeitet sie aus freier Hand, indem man sich eine Schablone von der in Holzschnitt 68 dargestellten Form macht; die nach entsprechenden Längen geschnittenen Holzstäbchen in die Einschnitte der Schablone steckt, die Stirnenden der Zähne vorzeichnet und dieselben dann ausarbeitet.

(68)



Wenn man Radkränze mit Zahnlücken zur Aufnahme von Holzzähnen zu gießen hat, so bekommt das Radmodell nach dem Obigen, da wo die Zahnlücken entstehen sollen, Kernmarken, und für die Zahnlücken setzt man in die Form Kernstücke ein.

§. 78.

Einrichtung der Modellwerkstätten. — Kreissäge für Modell-Arbeiten.

Die Anfertigung hölzerner Gußmodelle geschieht gewöhnlich in besondern Werkstätten, Modellwerkstätten, Modelltischlereien. (Vergl. Tafel XLII.) Diese Werkstätten sind im Allgemeinen nach Art der Tischlerwerkstätten eingerichtet, , enthalten:

1) Eine Anzahl von Hobelbänken mit sämmtlichen dazu nöthigen Werkzeugen.

2) Einige Drehbänke, nach Art der für die Bearbeitung metallener Maschinentheile üblichen Drehbänke, wo möglich aber, und je nach dem Bedürfniß der Gießerei, sind diese Drehbänke versehen mit Vorrichtungen zum Bohren, zum Ovaldrehen, zum Drehen von Kugeln, zum Theilen und zum Fraisen; sie sind gewöhnlich nur zum Betriebe durch Menschenkraft eingerichtet, selten zum Betriebe durch Dampf- oder Wasserkraft.

3) Eine Leimküche mit dem nöthigen Raum zum Verleimen und Trocknen großer Modelle.

4) Einige andere Maschinen, welche die Anfertigung von Modellen und namentlich die Darstellung richtiger und genauer Formen erleichtert, z. B. eine Kreissäge, eine Räderschneidemaschine, eine Theilmaschine u. s. w.

5) Die erforderlichen Vorrichtungen zum Schleifen der Werkzeuge.

In Verbindung mit der Modellwerkstatt steht womöglich ein Raum zur Aufbewahrung der vorräthigen Modelle, welcher hinreichend groß, trocken, luftig und hell sein muß, um die Modelle gut zu conserviren, sie leicht in Ordnung erhalten und leicht auffinden zu können, wenn man sie braucht.

Da die Arbeiten in den Modellwerkstätten nur Gegenstände von nicht beträchtlichem Gewicht umfassen, so kann man die Modellwerkstätten bequem in den obern Stockwerken der Werkstattsgebäude anlegen; sie müssen aber, um die gefertigten Modelle und die Materialien leicht hin- und herschaffen zu können, leicht zugänglich sein.

Die Größe der erforderlichen Räumlichkeit richtet sich nach dem Umfange der Gießerei und nach der Art der Arbeiten, welche sie liefert. Im Allgemeinen wird man die Räumlichkeit nach der Anzahl von Hobelbänken bestimmen können, welche in der Modelltischlerei aufzustellen sind, und wird gut thun, den Raum möglichst ausreichend zu berechnen. Als Anhalt könnten etwa folgende Angaben dienen.

Für jede Hobelbank, welche man in einer Modellwerkstatt aufstellen will, rechne man:

1) Werkplatz für die Hobelbank mit dem Raum für die Werkzeuge	20—24	□Fuß.
2) Raum für Hilfsmaschinen	6— 8	„
3) Raum zum Verleimen größerer Gegenstände und zur Leimküche	12—15	„
4) Raum für Schleifsteine u. s. w.	2— 3	„
Im Ganzen also	40—50	□Fuß.

Es würde also z. B. eine Modelltischlerei von 6 Hobelbänken etwa 240 bis 300 □Fuß Raum erfordern, also ungefähr 20 Fuß lang und 12 bis 15 Fuß tief sein müssen, um die nöthige Räumlichkeit zu gewähren.

Es würde hier zu weit führen, wenn wir alle die Werkzeuge, die in einer Modelltischlerei gebraucht werden, speziell beschreiben wollten. Die gewöhnlichen Tischlerwerkzeuge übergehen wir; in Bezug auf die Drehbänke und deren Construction verweisen wir auf das in dem folgenden Abschnitt über die Bearbeitung der Maschinentheile durch Abdrehen Angeführte, und es bleibt daher

nur übrig, hier einige Hilfsmaschinen zu beschreiben, welche in den Modellwerkstätten vorzugsweise geeignete Anwendung finden. Dies sind namentlich die Kreissäge und die Räder-, Theil- und Schneide-Maschine.

Kreissäge.

Zur Anfertigung der Modelle befindet sich in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin eine Kreissäge englischer Construction, welche schon seit einer Reihe von Jahren daselbst mit Erfolg in Anwendung ist. Taf. XV. giebt die Zeichnungen derselben mit den erforderlichen Details, und zwar ist: Fig. A die Ansicht von einem Ende, Fig. B die Ansicht von vorne, Fig. C die Ansicht von oben, Fig. D der Querschnitt der Tischplatte, Fig. E die Welle mit den Rädern zum Heben der Tischplatte (sämmtliche Figuren in $1/8$ der natürlichen Größe), Fig. FGHI sind Details des Mechanismus zum Heben der Tischplatte, K ist eine Vorrichtung, um Schmiegen zu schneiden, LM sind Details der Kreissäge, NO Vorrichtungen, um doppelte Schmiegen zu schneiden. Die Figuren F bis O sind in $1/4$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die hier gezeichnete Kreissäge vereinigt folgende Bedingungen:

1) vollkommen gerade Linien zu schneiden;
2) dies in jedem beliebigen Winkel zu thun;
3) ein Stück Holz nicht blos zu durchschneiden, sondern in den Fällen 1 und 2 Einschnitte von beliebiger Tiefe zu machen;
4) die Entfernungen, in welchen dieses Alles geschieht, völlig gleichförmig bestimmen und willkürlich verändern zu können.

Es ergiebt sich hieraus, daß man mit dieser Kreissäge, krumme Linien abgerechnet, alle bei der Modelltischlerei vorkommenden Sägeschnitte auszuführen vermag. A bezeichnet die Kreissäge, von welcher verschiedene Sorten, für grobe und für feine Holzarbeit, für Elfenbein und für Messing, vorhanden sind; die Kreissäge A ist auf der liegenden Welle B befestigt (die Art dieser Befestigung zeigt Fig. L), und dreht sich mit dieser zwischen den Docken CC, welche auf dem gußeisernen Gestell EE befestigt sind, und mit diesem von den Füßen DD getragen werden. Zwischen diesen Füßen liegt auch die Schwungradwelle F, welche zwischen den Spitzen GG läuft, H bildet das Schwungrad und zugleich die Betriebs-Schnurscheibe, welche durch die Schnur K mit der Stufenscheibe J auf der Spindelwelle B correspondirt.

Die Bewegung der Schwungradwelle erfolgt durch das Trittbrett L an der Welle M, die sich zwischen den Spitzen NN dreht; das Trittbrett L wird von den Armen OO getragen, zwischen denen sich der Querarm P befindet, von welchem die Lenkerstange Q nach der Krummare F führt. Das zu schneidende Holz liegt auf dem gußeisernen, gehörig eben gehobelten Tisch R, der aus zwei einzelnen Platten besteht, deren kleinere einen Einschnitt hat, in welchem sich die Kreissäge bewegt. Um die Säge für den Fall richten zu können, daß sie sich beim Härten geworfen hat, und um möglichst feine Schnitte zu erhalten, sind in der Tischplatte 12 Stellschrauben mit durchbohrten Köpfen zu beiden Seiten des Einschnittes angebracht. Die Tischplatte R wird von den

beiden gußeisernen, vertikalen Rahmenstücken SS getragen, welche zwischen den Bahnen TT aus Rothguß, die auf den Wangen des Gestells E befestigt sind, auf- und niedergleiten können. Die Stellschrauben UU richten diese Bahnen und drücken sie an. Zur Bewegung der Tischplatte dienen die beiden an den Rahmen SS befestigten Zahnstangen VV, welche mit den Getrieben nn auf der Welle x, deren Zapfenlager auf den Wangen EE ruhen, in Eingriff stehen, und welche mittelst eines auf den Zapfen l (Fig. D und E) aufzusteckenden Schlüssels bewegt werden können. Ist der Rahmen mit dem Tisch in die entsprechende Lage gehoben, so stellt man ihn mittelst der Schrauben mm fest. Um parallele Schnitte in bestimmten Abständen ausführen zu können, dient das Parallel-Lineal Y, welches mittelst der beiden Arme ZZ, die sich um die Punkte aa drehen, der Kreissäge in paralleler Richtung genähert und in dem mittelst des Maaßstabes k bestimmten Abstande vermöge der Schraube b festgestellt werden kann; bei der Bewegung des Lineals gleitet die Schraube b in den Ausschnitt c. d in Fig. C und K ist ein Lineal, welches sich auf dem Schieber e um seine Axe bewegt, und so in jeden beliebigen Winkel gegen den Schieber gebracht und mittelst der Klemmschraube mit dem Hebelsarm h festgestellt werden kann. Der Schieber e bewegt sich in dreieckigen Coulissen zwischen der Tischplatte R und der Platte f, die durch die Schrauben gg genau parallel eingestellt werden kann. Diese Vorrichtung dient zum Schneiden von Schmiegen (schrägen Flächen). Der Schieber e kann herausgezogen und dafür der Schieber v (Fig. N und O) eingeschoben werden; derselbe trägt die drei Schienen ooo, welche sich rechtwinklig auf demselben verschieben und durch zwei Schrauben pp feststellen lassen. Die beiden äußersten Schienen haben in qq Scharniere, und sind durch diese mit den Verlängerungen rr verbunden, welche an der Metallplatte ss festgeschraubt sind; diese läßt sich also in jedem beliebigen Winkel gegen den Tisch verstellen, und wird durch die Stütze t festgestellt. Die Vortheile dieser Einrichtung liegen nahe; und bestehen darin, daß man auch doppelte Schmiegen anschneiden kann.

Um nun Einschnitte von beliebiger Tiefe zu machen, braucht man nur den Tisch so weit zu heben, daß die Peripherie der Kreissäge nicht weiter über denselben hervorragt, als die Tiefe des Einschnittes betragen soll.

Ein ausführlicher Aufsatz von Beuth über diese Kreissäge befindet sich in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, im dritten Jahrgange Seite 206.

§. 79.

Theilen und Schneiden der Radmodelle.

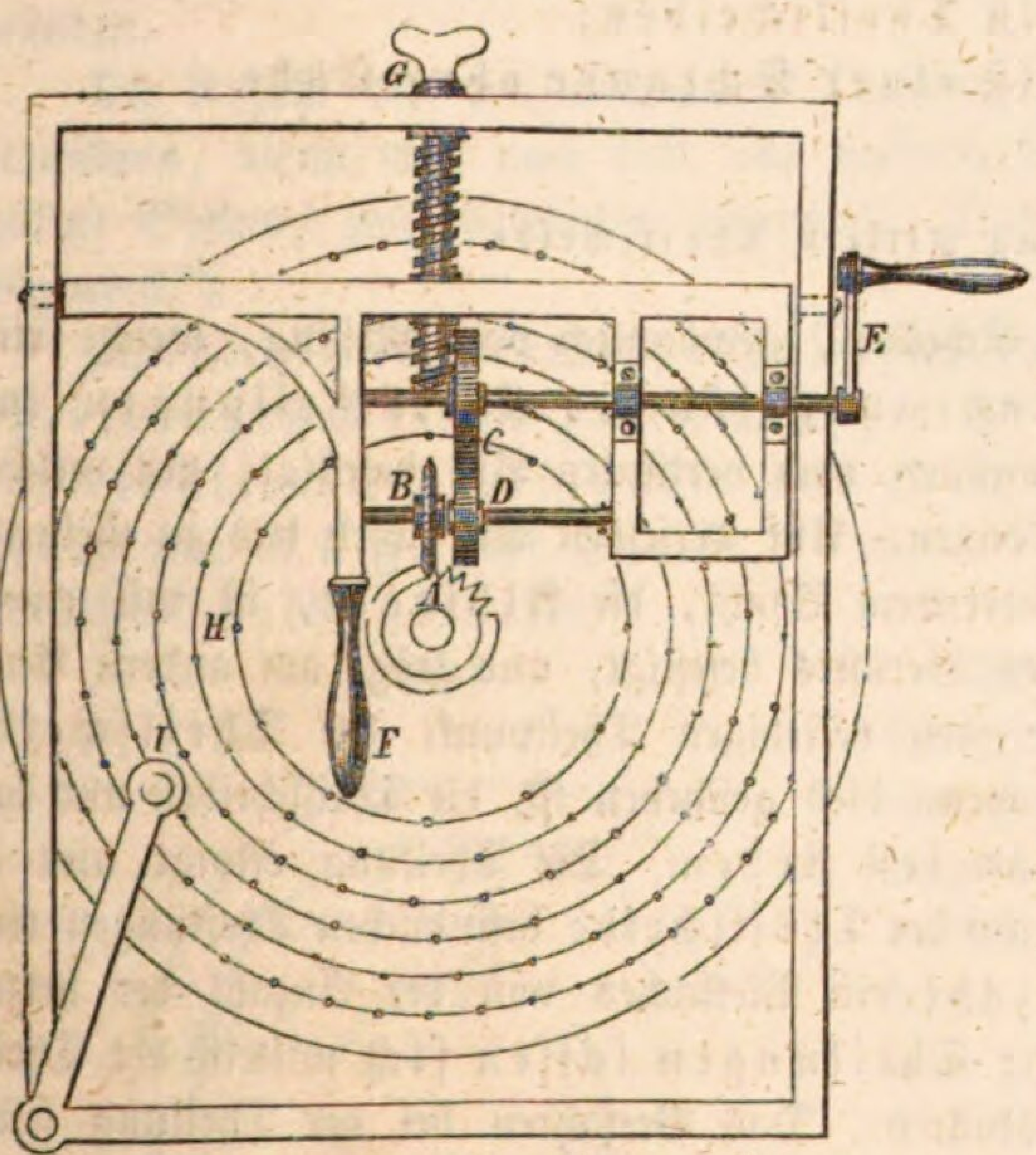
Die Zähne der hölzernen Radmodelle können zwar nach der Angabe in §. 77. aus freier Hand gearbeitet und auf den gehörig abgedrehten und eingetheilten Radkranz befestigt werden; indessen gewährt es größere Genauigkeit in der Ausführung, wenn man die Radzähne mittelst einer Maschine aus dem vollen Holze ausschneidet; wenigstens sollte man Modelle von mäßiger

Größe auf diese Weise anfertigen. Dieselbe Maschine, welche zum Ausschneiden der Zähne hölzerner Gußmodelle benutzt wird, findet gewöhnlich auch Anwendung zur Anfertigung kleiner Zahnräder von Metall, sei es aus Gußeisen, aus Bronze oder aus Messing, namentlich wenn die Zähne nur $^1/_4$ Zoll Dicke oder weniger erhalten sollen; so dünne Zähne lassen sich nicht mehr mit gehöriger Genauigkeit in Holz modelliren, in Sand formen und gießen; man gießt daher die Zahnlücken voll, indem man Scheiben von der äußern Peripherie der Räder herstellt, und dann die Zähne aus dem vollen Metall auf der Maschine ausschneidet.

Die zu dem genannten Zweck in Anwendung kommenden Maschinen bestehen im Wesentlichen aus zwei Haupttheilen, nämlich:

1) der Theil-Vorrichtung,
2) der Schneide-Vorrichtung.

(69)



So verschieden dieselben in ihrer Construction auch sein mögen, so kommen sie doch mehr oder weniger auf das schon von Hooke im Jahre 1664 angegebene System zurück, welches der nebenstehende Holzschnitt 69 erläutert. Es bezeichnet A eine stehende Axe, auf welcher das zu schneidende Rad befestigt wird; B ist die Fraise oder das schneidende Werkzeug, welches aus einer Scheibe von gehärtetem Stahl besteht, deren Durchschnitt mit einer durch ihre Drehaxe gehenden Ebene an der äußern Peripherie die Gestalt des Zwischenraums zwischen zwei Zähnen hat, und welche auf dieser Peripherie mit einer Menge scharf eingeschnittener Schneidezähne versehen ist; durch schnelle Umdrehung der Fraise wird das Metall des Rades oder das Holz des Modells fortgeschnitten, indem man die Fraise nach Maaßgabe ihres Eindringens in die zu schneidende Scheibe nach und nach von der äußern Peripherie derselben nach deren Mittelpunkt hinbewegt. Die Umdrehung der Fraise geschieht hier mittelst der Zahnräder C und D und der Kurbel E. Der ganze Bewegungs-Mechanismus liegt in einem um eine Axe drehbaren Rahmen, welcher während der Umdrehung der Fraise allmählig niedergedrückt wird, und den man nach Vollendung eines Zahnausschnittes wieder in die Höhe hebt, um das Rad um eine Theilung weiter drehen zu können; der Hebel F dient zur Bewegung dieses Rahmens. G ist eine Stellschraube, um die Entfernung der Drehaxe der Fraise von dem Mittelpunkte A

je nach dem Durchmesser des zu schneidenden Rades reguliren zu können. H ist die Theilscheibe und I der Theilstift oder die Alhidade, welche zur Fixirung der Theilscheibe dient.

Vorrichtungen zum Theilen der Radmodelle.

Die Vorrichtungen, deren man sich zum Theilen der Radmodelle bedient, und welche man sowohl an Räderschneidemaschinen, als auch an gewöhnlichen Drehbänken anbringt, bedürfen in der Regel nicht jener außerordentlichen Genauigkeit und Subtilität, wie die Theilvorrichtungen, um mathematische Instrumente herzustellen, indessen liegt es nahe, daß man um so richtigere Resultate erhält, je sorgfältiger die Theilvorrichtung selbst hergestellt ist, und je sorgfältiger man mit derselben arbeitet. Im Allgemeinen sind für den Maschinenbau zur Anfertigung von Kreistheilungen zweierlei Theilvorrichtungen in Anwendung, nämlich:

a) die Theilung mittelst Theilscheiben;
b) die Theilung mittelst einer Schraube ohne Ende.

Theilung mittelst Theilscheibe.

Die Theilscheiben sind Scheiben, gewöhnlich von Messing, welche eine Anzahl sorgfältig und genau ausgeführter Kreistheilungen enthalten, sie sind auf einer horizontalen oder vertikalen Axe befestigt, mit welcher sie sich gemeinschaftlich drehen können. Auf derselben Axe wird das zu theilende Rad befestigt. Ein Arm von federndem Stahl, die Alhidade, ist mit einem Ende an einem festen Punkte des Gerüstes befestigt, und trägt am andern Ende eine Stahlspitze, welche in jeden beliebigen Theilpunkt der Theilscheibe eingesetzt werden kann, so daß, wenn dies geschehen ist, die Theilscheiben und das zu theilende Rad unwandelbar fest stehen. Die Theilung erfolgt nun in der Weise, daß man unter den auf der Theilscheibe befindlichen Theilungen eine solche auswählt, deren Theilzahl ein Vielfaches von der Anzahl der herzustellenden Theile ist; nur solche Theilungen lassen sich mittelst der Theilscheibe und einer Alhidade ausführen. Das Verfahren bei der Theilung selbst liegt nahe, und bedarf kaum einer Erörterung. Man stellt das zu theilende Rad fest, indem man die Spitze der Alhidade in einen Theilpunkt des betreffenden Theilkreises der Theilscheibe einsetzt, macht auf dem Rade mit Hilfe eines unverrückbaren Lineals einen markirenden Strich, hebt die Alhidade aus, dreht die Theilscheibe mit dem zu theilenden Rade um die bestimmte Zahl der Theilpunkte weiter, läßt die Spitze der Alhidade in den folgenden passenden Theilpunkt der Scheibe einfallen, und nachdem so das Rad wieder fixirt ist, macht man längs des unverrückbaren Lineals den folgenden Strich an dem Rade und so fort.

Durch die Theilscheiben lassen sich nur solche Theilungen ausführen, welche in den Theilzahlen als Faktoren vorhanden sind. Man hat daher, um möglichst viel und möglichst solche Theilungen ausführen zu können, welche oft vorkommen, die Theilungen der Originalkreise auf der Theilscheibe pas-

send zu wählen. Für kleinere Theilscheiben genügen in den meisten Fällen folgende Theilungen der Originalkreise auf der Theilscheibe:

(a) (b) (c) (d) (e)
360; 144; 112; 221 und 209;

durch diese Theilkreise lassen sich folgende 37 Theilungen ausführen:

2 (a, b, c); 3 (a, b); 4 (a, b, c); 5 (a); 6 (a, b); 7 (c); 8 (a, b, c); 9 (a, b,); 10 (a); 11 (e); 12 (a, b); 13 (d); 14 (c); 15 (a); 16 (b); 17 (d); 18 (a, b); 19 (e); 20 (a) — 24 (a, b); — 28 (c); — 30 (a); — 36 (a, b); — 40 (a); — 45 (a); — 48 (b); — 56 (c); — 60 (a); — 72 (b); — 90 (a); — 112 (c); — 144 (b); — 180 (a); — 209 (e); — 221 (d); — 360 (a); —

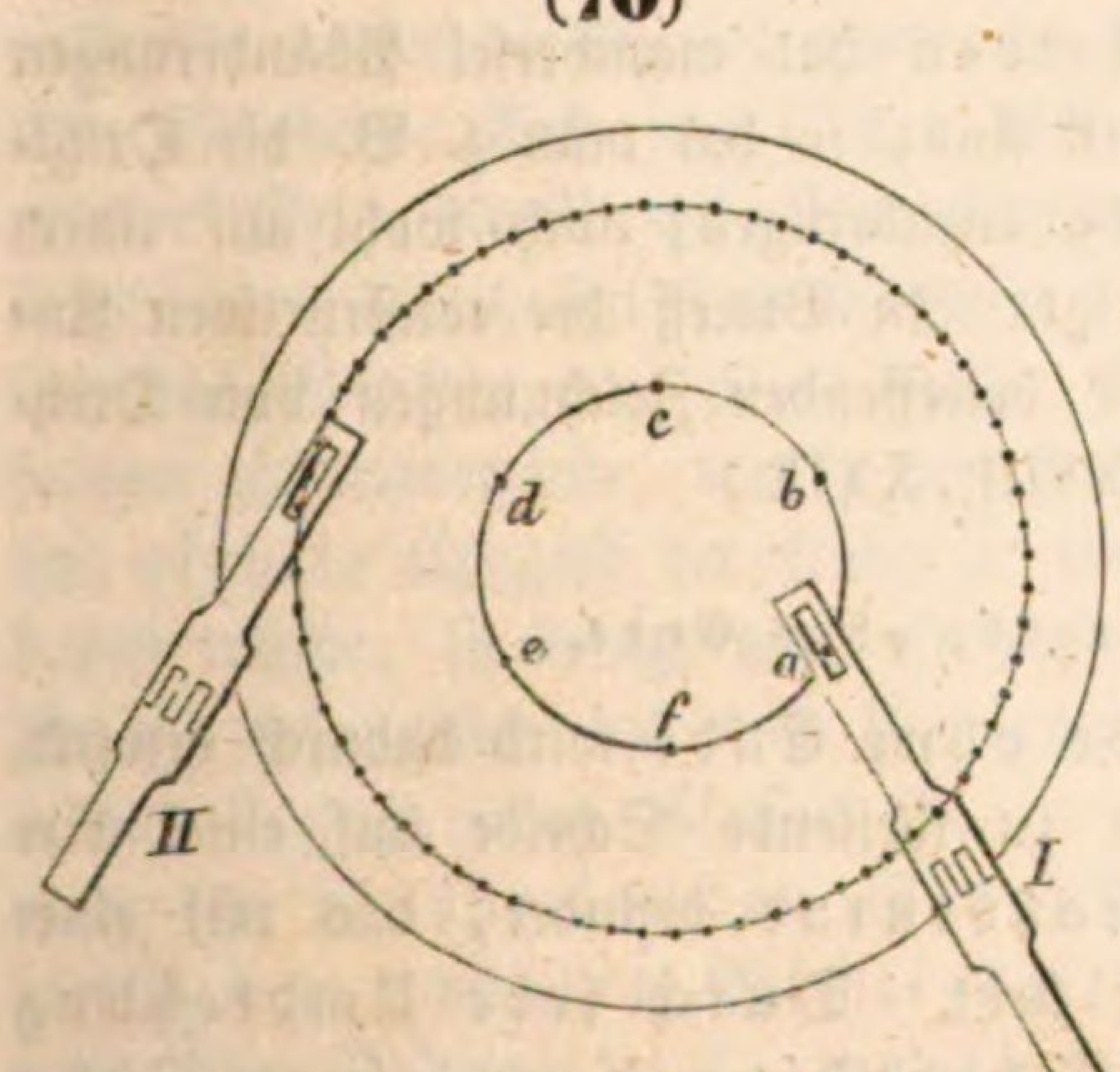
(Die eingeklammerten Buchstaben bezeichnen die oben angeführten Theilzahlungen, durch deren Hilfe sich die Theilung ausführen läßt).

Man sieht, daß unter den 37 Theilungen sich sämmtliche Zahlen von 1 bis 20 befinden.

Die Anzahl der auszuführenden Theilungen läßt sich noch außerordentlich vermehren, wenn man nach dem, von meinem früheren Collegen Wolff aufgestellten System, zwei Alhidaden anwendet. Das hierbei maaßgebende Gesetz ist folgendes.*)

„Sind a und b relative Primzahlen, und theilt man die Peripherie eines Kreises zuerst in a gleiche Theile, sodann von jedem der erhaltenen Theilpunkte aus (d. h. jeden als Anfangspunkt nehmend) in b gleiche Theile, so wird die Pheripherie in a mal b gleiche Theile getheilt."

(70)



Um dies Gesetz in Anwendung zu bringen, ist nur nöthig, daß man noch eine zweite Alhidade anbringt, die so eingerichtet werden muß, daß sie in jeden beliebigen Punkt der Theilscheibe einfassen kann. (Holzschnitt 70). Wollte man z. B. einen Kreis in 102 Theile theilen, so theile man ihn zuerst in sechs Theile, und darauf von jedem der erhaltenen Theilpunkte aus weiter in 17 Theile. Das praktische Verfahren hierbei ist folgendes:

Man theile zuerst in 6 Theile, etwa indem man die Theilpunkte a, b, c, d, e, f, der Theilscheibe (Holzschnitt 70) gebraucht. Nachdem dies geschehen ist, setzt man die Spitze der Alhidade I in einen der gebrauchten Theilpunkte, etwa in a, und während so die Scheibe durch I festgehalten wird, setze man die Spitze

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen. XVIII. Jahrg. S. 172.

der Alhidade II in irgend einen Theilpunkt des Theilkreises, durch welchen die siebzehner Theilung sich ausführen läßt, löse hierauf die Alhidade I und theile mittelst der Alhidade II den Kreis in 17 Theile. Ist diese Theilung vollzogen, so setze man die Alhidade I in irgend einen andern Theilpunkt der sechser Theilung, etwa in b, und während man so die Scheibe unverrückt erhält, werde die Alhidade II in irgend einen Theilpunkt des Theilkreises für die siebzehner Theilung eingesetzt; darauf löse man wieder I; theile mittelst der Alhidade II wieder in 17 Theile und so fort, bis die Theilung vollzogen ist.

Es ist leicht zu übersehen, daß man durch einen drei- oder gar viermaligen Umgang nach diesem System die Zahl der Theilungen außerordentlich vergrößern kann. Nur setzt diese Operation ganz außerordentlich richtige Originaltheilungen voraus.

Wolff giebt für Theilscheiben, die nach diesem System gebraucht werden, folgende Originaltheilungen als zweckmäßig an:

360; 324; 300; 294; 192; 186; 174; 156; 138; 132; 114; 102; 97; 89; 83; 79; 73; 71; 67; 61; 59; 53; 47; 43; 41; 37.

Die so getheilte Scheibe umfaßt die ersten 100 Zahlen vollständig, und nur bei 22 von diesen wird ein zweimaliger Umgang nöthig, vom zweiten Hundert fehlen die Primzahlen:

101; 103; 107; 109; 113; 127; 131; 137; 139; 149; 151; 157; 163; 167; 173; 179; 181; 191; 193; 197; 199; und die zusammengesetzten Zahlen:

121; 122; 128; 169.

Im Ganzen fehlen also im zweiten Hundert 25 Zahlen; im dritten Hundert fehlen 31; im vierten Hundert 40 Zahlen u. s. w.

Die Construction der Theilscheiben hat mancherlei Abänderungen erfahren, die mehr constructiv als prinzipiell sind; so hat man z. B. die Originaltheilungen, anstatt sie auf einer Scheibe anzubringen, auch wohl auf einem Cylindermantel (Theilcylinder) vereinigt. In Betreff der constructiven Anordnungen verweisen wir übrigens auf die betreffenden Zeichnungen von Drehbänken mit Theilscheiben. (Taf. XXVI, XXVIII, XXIX.)

Theilung mittelst Schraube ohne Ende.

Die Theilung mittelst Schraube ohne Ende wird dadurch bewirkt, daß man das zu theilende Rad, oder die zu theilende Scheibe auf einer Axe befestigt, auf welcher sich auch ein Schraubenrad befindet, das mit einer Schraube ohne Ende in Eingriff steht. Durch jede Umdrehung der Schraube ohne Ende wird das Schraubenrad um einen Zahn weiter gedreht. Hat also das Schraubenrad z Zähne, so wird durch jede Umdrehung der Schraube ohne Ende das zu theilende Rad um $1/z$ der Peripherie umgedreht. Die Welle, auf welcher die Schraube ohne Ende sitzt, steht mittelst Räder-Vorgelege in Verbindung mit einer Kurbelwelle; das Rad auf der Kurbelwelle möge z', das Rad auf der Schraubenwelle möge z'' Zähne haben, so macht bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle die

Schraubenwelle $\frac{z'}{z''}$ Umdrehungen; es wird also das zu theilende Rad um $\frac{z'}{z''} \cdot \frac{1}{z}$ der Peripherie umgedreht, und folglich bei n Umdrehungen der Kurbelwelle wird das zu theilende Rad um $\frac{z'}{z''} \cdot \frac{1}{z} \cdot n$ der Kreisperipherie gedreht. Soll nun das Rad in Z gleiche Theile getheilt werden, so stellt jeder Theil $\frac{1}{Z}$ der Kreisperipherie dar, und es muß sein:

$$\frac{1}{Z} = \frac{z'}{z''} \cdot \frac{n}{z}.$$

Indem man nun für z'; z''; Z und n passende Zahlen wählt, kann man mittelst dieser Vorrichtungen entsprechende Theilungen ausführen.

In der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Institutes zu Berlin befinden sich außer andern auch zwei nach diesem System construirte englische Theilmaschinen. Die eine in Verbindung mit einer Vorrichtung zum Räderschneiden ist auf Taf. XVI. dargestellt, und soll weiter unten näher beschrieben werden, hier handelt es sich nur um die für die Theilung zu wählenden Verhältnisse. Die Kurbelwelle A ist so angeordnet, daß man mittelst der Kurbel A' mit Sicherheit eine oder mehrere, und auch $^1/_4$; $^1/_2$ und $^3/_4$ Umdrehungen machen kann. Zu diesem Zwecke ist die Kurbel federnd angeordnet, und ruht in dem Einschnitt einer Scheibe C, welche unmittelbar an dem Gerüst befestigt ist; hierdurch ist das ganze System festgestellt; hebt man die Kurbel aus dem Einschnitte heraus, und dreht man die Welle mittelst der Kurbel um, wobei die Kurbel auf dem Rande der Scheibe gleitet, so ist genau eine Umdrehung vollendet, wenn die Kurbel wieder in denselben Einschnitt der Scheibe einschnappt. Die feststehende Scheibe C hat aber noch drei andere Einschnitte, welche in gleicher Weise die Viertel-Umdrehungen der Kurbel feststellen. — Am Ende der Kurbelwelle A sitzt das Rädchen z' und am Ende der Schraubenwelle B sitzt das Rädchen z''. Diese Räder sind nach Erfordern abzunehmen und mit solchen zu verwechseln, welche der beabsichtigten Theilung entsprechen; da jedoch der directe Eingriff der Räder z' und z'' hierdurch mancherlei Schwierigkeiten haben würde, so bringt man ein passendes Wechselrädchen z° an, dessen Zähne-Anzahl bekanntlich auf das Umsetzungs-Verhältniß zwischen den Wellen A und B ganz ohne Einfluß ist. z ist das Schraubenrad, an dessen Axe man den zu theilenden Gegenstand unwandelbar befestigt. Es ist hierbei von größter Wichtigkeit, daß zwischen dem Schraubenrad und der Schraube so wenig als zwischen den Zahnrädern ein todter Gang stattfinde.

Die Anzahl der Zähne des Schraubenrades ist bei dieser Maschine z = 120, und bei der Theilung beträgt die Anzahl der Umdrehungen der Kurbelwelle nur $^1/_4$; $^1/_2$; 1; 2; 3; oder 4. Man hat also für $\frac{n}{z}$ die zulässigen Werthe $^1/_{480}$; $^1/_{240}$; $^1/_{120}$; $^1/_{60}$; $^1/_{40}$; $^1/_{30}$; im Uebrigen muß das Verhältniß der Räder z' und z'' entsprechend gewählt werden. Die von

dem Erbauer der Maschine gelieferten Räder, aus denen man für die auszuführende Theilung eines für z′ und eines für z″ zu wählen hat, haben folgende Anzahl von Zähnen, welche auf jedem Rädchen durch die passende Nummer bemerkt ist:

30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; — 63; 64; 65; — 67; — 69; — 71; — 73; — 75; — 77; — 79; — 81; — 83; — 85; — 87; — 89; — 91; — 93; — 95; — 97; — 99 und 120,

im Ganzen 53 Räder. Die mittelst dieser Räder herzustellenden Theilungszahlen sind also durch die Gleichung

$$Z = \frac{z''}{z'} \cdot \frac{z}{n}$$

zu bestimmen, indem man für $\frac{z}{n}$ die Werthe 480; 240; 120; 60; 40; 30 setzt und diese combinirt mit je zwei der oben angeführten 53 Räder, so jedoch, daß Z nur eine ganze Zahl sein kann. Die üblichsten Combinationen giebt folgende Tabelle:

Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.
Z	z″	z′	n	Z	z″	z′	n	Z	z″	z′	n
10	40	120	4	31	31	120	1	52	52	120	1
11	44	120	4	32	32	120	1	53	53	120	1
12	48	120	4	33	33	120	1	54	54	120	1
13	52	120	4	34	34	120	1	55	55	120	1
14	42	120	3	35	35	120	1	56	56	120	1
15	45	120	3	36	36	120	1	57	57	120	1
16	48	120	3	37	37	120	1	58	58	120	1
17	51	120	3	38	38	120	1	59	59	120	1
18	54	120	3	39	39	120	1	60	60	120	1
19	57	120	3	40	40	120	1	61	61	120	1
20	40	120	2	41	41	120	1	62	31	60	1
21	42	120	2	42	42	120	1	63	63	120	1
22	44	120	2	43	43	120	1	64	32	60	1
23	46	120	2	44	44	120	1	65	65	120	1
24	48	120	2	45	45	120	1	66	33	60	1
25	50	120	2	46	46	120	1	67	67	120	1
26	52	120	2	47	47	120	1	68	34	60	1
27	54	120	2	48	48	120	1	69	69	120	1
28	56	120	2	49	49	120	1	70	35	60	1
29	58	120	2	50	50	120	1	71	71	120	1
30	60	120	2	51	51	120	1	72	36	60	1

Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.
Z	z''	z'	n	Z	z''	z'	n	Z	z''	z'	n
73	73	120	1	115	46	48	1	165	55	40	1
74	37	60	1	116	58	60	1	166	83	60	1
75	75	120	1	117	39	40	1	168	42	30	1
76	38	60	1	118	59	60	1	170	85	60	1
77	77	120	1	120	120	60	2	171	57	40	1
78	39	60	1	122	61	60	1	172	43	30	1
79	79	120	1	123	41	40	1	174	87	60	1
80	40	60	1	124	31	30	1	175	35	48	1/2
81	81	120	1	125	50	48	1	176	44	30	1
82	41	60	1	126	63	60	1	177	59	40	1
83	83	120	1	128	48	45	1	178	89	60	1
84	42	60	1	129	43	40	1	180	60	40	1
85	85	120	1	130	52	48	1	182	91	60	1
86	43	60	1	132	44	40	1	183	61	40	1
87	87	120	1	134	67	60	1	184	46	30	1
88	44	60	1	135	45	40	1	185	37	48	1/2
89	89	120	1	136	34	30	1	186	93	60	1
90	45	60	1	138	69	60	1	188	47	30	1
91	91	120	1	140	56	48	1	189	63	40	1
92	46	60	1	141	47	40	1	190	95	60	1
93	93	120	1	142	71	60	1	192	64	40	1
94	47	60	1	144	48	40	1	194	97	60	1
95	95	120	1	145	58	48	1	195	65	40	1
96	48	60	1	146	73	60	1	196	49	30	1
97	97	120	1	147	49	40	1	198	99	60	1
98	49	60	1	148	37	30	1	200	60	36	1
99	99	120	1	150	75	60	1	204	51	30	1
100	50	60	1	152	38	30	1	205	41	48	1/2
102	51	60	1	153	51	40	1	207	69	40	1
104	52	60	1	154	77	60	1	208	52	30	1
105	42	48	1	155	31	48	1/2	210	63	36	1
106	53	60	1	156	52	40	1	212	53	30	1
108	54	60	1	158	79	60	1	215	43	48	1/2
110	55	60	1	159	53	40	1	216	54	30	1
111	37	40	1	160	40	30	1	219	73	40	1
112	56	60	1	162	81	60	1	220	55	30	1
114	57	60	1	164	41	30	1	222	37	40	1/2

Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.	Anzahl der Theile, welche ausgeführt werden sollen.	Rad auf der Welle der Schraube ohne Ende.	Rad auf der Kurbelwelle.	Anzahl der Umdrehungen, welche die Kurbel machen muß.
Z	z''	z'	n	Z	z''	z'	n	Z	z''	z'	n
224	56	30	1	288	36	30	1/2	365	73	48	1/2
225	75	40	1	290	58	48	1/2	366	61	40	1/2
228	57	30	1	291	97	40	1	368	46	30	1/2
230	69	36	1	292	73	30	1	370	37	48	1/4
231	77	40	1	294	49	40	1/2	372	31	40	1/4
232	58	30	1	295	59	48	1/2	375	75	48	1/2
234	39	40	1/2	296	37	30	1/2	376	47	30	1/2
235	47	48	1/2	297	99	40	1	378	63	40	1/2
236	59	30	1	300	75	30	1	380	38	48	1/4
237	79	40	1	304	38	30	1/2	384	48	36	1/2
240	60	30	1	305	61	48	1/2	385	77	48	1/2
243	81	40	1	306	51	40	1	388	97	30	1
244	61	30	1	308	77	30	1	390	39	48	1/4
245	49	48	1/2	310	31	48	1/4	392	49	30	1/2
246	41	40	1/2	312	52	40	1/2	395	79	48	1/2
248	93	45	1	315	63	48	1/2	396	33	40	1/4
249	83	40	1	316	79	30	1	400	120	36	1
250	75	36	1	318	53	40	1/2	405	81	48	1/2
252	42	40	1/2	320	32	48	1/4	408	51	30	1/2
255	85	40	1	324	81	30	1	410	41	48	1/4
256	32	30	1/2	325	65	48	1/2	414	69	40	1/2
258	43	40	1/2	328	41	30	1/2	415	83	48	1/2
260	65	30	1	330	55	40	1/2	416	52	30	1/2
261	87	40	1	332	83	30	1	420	42	48	1/4
264	44	40	1/2	335	67	48	1/2	424	53	30	1/2
265	53	48	1/2	336	56	40	1/2	425	85	48	1/2
267	89	40	1	340	68	48	1/2	426	71	40	1/2
268	67	30	1	342	57	40	1/2	430	43	48	1/4
270	54	48	1/2	344	43	30	1/2	432	36	40	1/4
272	34	30	1/2	345	69	48	1/2	435	87	48	1/2
273	91	40	1	348	58	40	1/2	438	73	40	1/2
275	55	48	1/2	350	35	48	1/4	440	55	30	1/2
276	69	30	1	352	44	30	1/2	444	37	40	1/4
280	56	48	1/2	355	71	48	1/2	445	89	48	1/2
282	47	40	1/2	356	89	30	1	448	56	30	1/2
284	71	30	1	360	120	40	1	450	75	40	1/2
285	95	40	1	364	91	30	1				

Es ist leicht ersichtlich, daß man die Anzahl der möglichen Theilungen noch außerordentlich vergrößern kann, wenn man anstatt der Scheibe C eine mit mehreren Theilungen versehene Theilscheibe anbringen und die Kurbel A′ mit einer verstellbaren Spitze versehen wollte, so daß sie sich in jedem Theilpunkte der Theilscheibe feststellen ließe.

Schneide-Vorrichtung.

Die Fraisen, deren man sich zum Ausschneiden der Zwischenräume zwischen den Radzähnen bedient (siehe oben), bewegen sich mit einer sehr großen Winkelgeschwindigkeit.

Man giebt denselben:

für Messing und Rothguß	950—1000	Umdrehungen
für Gußeisen	600— 800	„
für Holz	1500—2000	„

in einer Minute. Die Fraisen für Holzzähne unterscheiden sich von denen für Metall dadurch, daß sie eine gröbere Theilung der Schneidezähne erhalten, oft auch nur aus einzelnen Schlagezähnen bestehen. Die Fraisen rotiren bei den Räderschneidemaschinen gewöhnlich um eine horizontale Welle zwischen Körnerspitzen. Man stellt dieselben entweder aus freier Hand dar, besser aber mittelst einer besondern kleinen Maschine, welche zum Schneiden der Zähne der Fraisen dient, und welche wiederum mittelst einer kleinen Fraise wirksam ist.

In der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin befindet sich eine solche Maschine nach englischer Construction. Dieselbe ist auf Taf. XXV. in Fig. 2 dargestellt.

Fig. 2ᵃ zeigt einen Längendurchschnitt, Fig. 2ᵇ die obere Ansicht, Fig. 2ᶜ die Vorderansicht, Fig. 2ᵈ die Ansicht des Arbeitstheiles. Sämmtliche Figuren sind in $1/8$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die allgemeine Anordnung der Maschine ist vollkommen dem Hooke'schen System (Holzschnitt 69, S. 453) nachgebildet.

Auf dem aus zwei Wangen bestehenden Gerüst A ist der Schlitten B gleitend verschiebbar; es dient hierzu die Schraube a mit dem Kurbelrädchen b und der Schraubenmutter c. An die vertikale Platte des Schlittens B ist das mit zwei Armen versehene Querstück C angeschraubt, welches den bügelförmigen Rahmen D zwischen seinen Armen mittelst Körnerschrauben aufnimmt. Dieser Bügel trägt die beiden Wellen d und e; erstere in dem Lagerständer h ruhend, ist mit einer Kurbel versehen und treibt mittelst Eingriffes zweier kleinen Rädchen die Welle e mit der Fraise g. Die zu schneidende Fraise (in Fig. a punktirt angegeben) wird auf der Axe E, welche in Lagern läuft, die an dem Gerüst A befestigt sind, festgeschraubt. Durch die auf derselben Axe befindliche Theilscheibe F kann man die Eintheilung der Schneidezähne auf der darzustellenden Fraise bewirken; der Arm o dient mittelst der Spitzschraube zur Feststellung der Theilscheibe und des Arbeitsstückes während der Arbeit; ist ein Schneidezahn eingeschnitten, so lüftet man die Theilscheibe und dreht sie um eine Theilung

weiter, um den folgenden Zahn zu schneiden. Das Schneiden erfolgt durch Umdrehung der Kurbelwelle d und folglich auch der Fraise g; hierbei wird der Rahmen D mit der andern Hand niedergedrückt, um sich den Biegungen der zu schneidenden Fraise zu akkomodiren; zugleich schraubt man ihn mittelst der Schraube a vorwärts. Das Niederdrücken des Rahmens D kann durch Gewichte bewirkt werden, und um eine stets gleichmäßige Tiefe der Schneidezähne zu erhalten, kann man an dem Gerüst die Schablone M (Fig. d) befestigen, auf welche der Bügel mittelst des verstellbaren Knaggens n während der Fortbewegung des Schlittens D sich gleitend stützt. Anstatt der Schablone kann man bei starken Ansteigungen die Stellschraube l anwenden, welche in einem, an dem festen Gerüst befindlichen Ständer k angebracht ist, und in Eingriff steht mit einem Zahnbogen i, der an dem Rahmen befestigt und aus dessen Schwingungsaxe beschrieben ist. Wendet man die Schablone an, so wird diese Schraube mittelst eines Klemmkeils festgestellt. Will man Zähne darstellen, die sehr stark schneidend geschärft sind, so kann man die Axe des Rahmens D ein wenig gegen die Horizontale neigen, indem man den Querarm C gegen den Schlitten B ein wenig verdreht, (nachdem die Befestigungsschraube gelöst worden ist) und ihn dann in dieser Lage fixirt.

Beschreibung einer Maschine zum Theilen und Schneiden der Radzähne.

Die auf Taf. XVI. dargestellte Maschine zum Theilen und Schneiden der Radzähne ist in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts seit mehrern Jahren mit sehr günstigem Erfolg in Anwendung. Fig. A zeigt die Vorderansicht, Fig. B die Ansicht von einer Seite (das Gerüst ist abgebrochen), Fig. C den Längendurchschnitt, Fig. D Details des Schlittens mit dem Schneidezeug, Fig. D Details der Theilvorrichtung. Sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{8}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Das gußeiserne Gerüst D trägt vornen zwei starke Querarme E und E′, welche die stehende Welle F aufnehmen, auf der man das zu schneidende Arbeitsstück mittelst der Schraube G oder auch mittelst einer Planscheibe (Fig. C) befestigt. Auf derselben stehenden Welle F sitzt das Schraubenrad z, welches mit der Schraube ohne Ende B in Eingriff steht und durch die Vorgelegsräder z′ und z″ mit Hilfe des Wechselrades z° von der Kurbelwelle A mittelst der Kurbel A′ bewegt werden kann. Wie man hierdurch, indem man die eingetheilte feste Scheibe C′ zur Hilfe nimmt, eine große Zahl von Theilungen ausführen kann, ist dem Prinzip nach bereits oben (S. 455) erörtert worden.

Auf dem Gerüste D gleitet auf horizontalen Wangen der Schlitten H; derselbe kann mittelst der Leitspindel J durch das Kurbelrad K horizontal verschoben und in der passenden Lage durch den Querarm L und die Schraube L′ festgestellt werden. Da der Schlitten H die ganze Schneide-Vorrichtung trägt, die Axe G mit dem Arbeitsstück aber an dem Gerüst fest ist, so dient diese Verstellung dazu, den Schneide-Apparat, je nach dem Durchmesser des zu schneidenden Rades, in der entsprechenden Entfernung von dem Mittelpunkt des letztern festzustellen. Der Bolzen L′ läßt eine Drehung des ganzen Schneide-

Apparates in horizontaler Ebene zu, zwei andere Bolzen bewirken die genaue Feststellung des Schlittens H auf der Unterlage H'.

Der Schlitten H trägt mittelst der Schrauben M und M' den Bügel N, und an diesem ist die Platte O befestigt.

Der Zapfen b (Fig. D) und die Befestigungsschrauben k k' gestatten eine Drehung und demnächst eine Feststellung der Platte O gegen den Bügel N, wodurch der Schneide-Apparat in einer vertikalen Ebene, während er durch die Zapfen M und M' in einer andern, zur ersten normalen vertikalen Ebene, und endlich mittelst des Bolzens L', wie eben beschrieben worden, auch in der horizontalen Ebene beliebig verstellt werden kann. Durch diese Einrichtung ist es möglich, dem Schneide-Apparat jede ganz beliebige Neigung zu geben, was beim Schneiden konischer und Schraubenräder nöthig wird.

Auf der Platte O ist zwischen Coulissen geradlinig verschiebbar der Schieber P befindlich, welcher den ersten Träger des Schneide-Apparates und des treibenden Räderwerkes bildet. Die Bewegung des Schiebers P erfolgt jedesmal während der Arbeit der Fraise, indem derselbe in dem Maaße, wie die Fraise das Material fortnimmt, nachrückt. Zu dieser Bewegung dient die Zahnstange Q, welche mit einem Rädchen auf der Welle R in Eingriff steht. Die Welle R ist in einem auf der Platte O feststehenden Gerüst gelagert; sie kann mittelst der Kurbel S' gedreht werden, und dies geschieht, wenn man den Schneide-Apparat, welcher sich während der Ausführung der Arbeit allmählig gesenkt hat, nach Vollendung derselben wieder heben will; allein während der Arbeit muß die Niederbewegung des Schneide-Apparates sehr langsam erfolgen, und wird daher am Besten durch die Maschine selbst bewirkt.

Zu diesem Zweck befindet sich auf der Welle R noch das Schraubenrad S, und dies steht mit der Schraube ohne Ende T auf der stehenden, von der Platte O getragenen Welle U in Eingriff. Diese Welle wird durch das Rädervorgelege V und W von der stehenden Welle W' bewegt, welche von dem Schieber P getragen wird, sich mit diesem hebt und senkt, und deßhalb mittelst einer langen Feder in dem Rädchen W gleitend verschiebbar ist. Auf dieser Welle ist das konische Rädchen a befestigt, und dies in Eingriff mit dem Rädchen b auf der liegenden Welle X, die durch die Schnurscheiben l von der Hauptbetriebswelle aus in Umdrehung gesetzt wird. Man sieht, wie durch diesen Mechanismus während der Rotation der Welle X der Schieber P mit dem Schneidezeug allmählig abwärts steigen kann. Will man ihn wieder heben, so schiebt man das Rad S außer Eingriff mit der Schraube T, und benutzt die Kurbel S'.

Die Welle X, welche die Schnurscheibe l trägt, bewegt noch mittelst der Rädchen c und d die Vorgelegswelle Y, und von dieser aus mittelst der Rädchen e und f die Fraisenwelle Z, auf welcher die schneidende Fraise g sich befindet.

§. 80.

Allgemeines über Formen, Formkasten, Werkzeuge des Formers.

Die zweite Hauptoperation bei der Gießerei ist nach §. 77. „die Bildung der Formen." Unter einer Gießform versteht man einen hohlen Raum, welcher möglichst vollkommen die geometrische Begrenzung hat, die später das dargestellte Gußstück in dem Augenblick haben soll, wo das geschmolzene Metall aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht.

Die Darstellung der Form kann im Allgemeinen in dreierlei Weise bewirkt werden:

1) mit Hilfe eines Modells und entsprechenden Kernstücken (vergl. S. 442) oder
2) indem man unmittelbar und ohne Anwendung eines Modells den hohlen Raum der Form in einem plastischen Material darstellt;
3) indem man die Form aus einem nicht plastischen Material, z. B. aus Metall anfertigt.

Die erste und die zweite Methode liefert Formen, die im Allgemeinen nur für einen einmaligen Guß zu benutzen sind; und welche man daher auch verlorne Formen nennt; die dritte Methode liefert Formen, die dauernder sind, und welche mehrere Güsse in derselben Form gestatten. Man nennt dieselben gewöhnlich Schalen. Hiernach kann man füglich unterscheiden:

A) das Gießen in verlornen Formen,
B) das Gießen in Schalen (Schalenguß).

Die Darstellung der verlornen Formen, welche also sowohl mittelst Abformen eines Modells in einem geeigneten Material, als auch in der Ausarbeitung der hohlen Form in einem plastischen Material bestehen kann, pflegt man seltener nach diesen Prinzipien, als vielmehr nach der Art des Materials, in welchem die Form erzeugt wird, zu benennen; und man unterscheidet daher:

a) die Sand- und Masse-Formerei, welche gewöhnlich mit Hilfe von Modellen stattfindet, und
b) die Lehmformerei, welche ohne Anwendung von Modellen bewirkt wird.

Das Material der Sand- und der Masseformerei ist der Formsand, welcher entweder wenig thonhaltig ist (magerer Sand), oder reicher an Thonerde ist (fetter Sand). Der magere Formsand wird vorzugsweise Sand; der fette dagegen, namentlich wenn er durch künstliche Mischung des magern Sandes mit Thon bereitet wird, wird gewöhnlich „Masse" genannt.

Der Formsand, in welchem die Form gebildet werden soll, liegt entweder auf der Sohle der Hütte, und die Form wird unmittelbar hier dargestellt („Herdformerei"), oder er befindet sich in sogenannten Formkasten („Kastenformerei"). Die Masseformerei ist immer Kastenformerei.

Die Herdformerei wird bei großen und flachen Stücken angewendet, wie z. B. bei Fundamentplatten, Gittern, Balken, auch wohl bei Schwungrädern, Zahnkränzen, Balanciers. Ein Theil der Sohle des Hüttengebäudes besteht daher gewöhnlich bis zu einer Tiefe von etwa 15 bis 18 Zoll aus mehr

oder weniger reinem Formsande, und man nennt diesen Theil der Hüttensohle den Herd. Soll nun ein Gegenstand in dem Herde eingeformt werden, so macht man eine Vertiefung von etwas größerer Ausdehnung, als das zu formende Stück, füllt dieselbe mit scharf getrocknetem, mit ($^1/_3$ des Volums) Kohlenpulver vermischten und etwas angefeuchteten Formsande, legt das Modell darauf und drückt es durch leichte Hammerschläge so tief hinein, daß es einen deutlichen Eindruck zurückläßt, nun nimmt man das Modell wieder heraus, und ergänzt den etwa fehlenden Formsand, da wo der Sand unter dem Modell nicht hinreichend war. Hierauf legt man das Modell von neuem in dieselbe Vertiefung, und drückt es durch leichte Hammerschläge tief genug ein, indem man mittelst einer Setzwage dafür sorgt, daß die Oberfläche gehörig horizontal sei.

Die Herdformerei ist zu unterscheiden als

offene Herdformerei,

verdeckte Herdformerei.

Bei der ersten darf die eine Oberfläche des Gußstückes keine modellirte Form erhalten, sie wird vielmehr durch die Oberfläche des erstarrten Materials dargestellt, und ist daher in der Regel wenig eben und glatt; will man ein besseres Ansehen erreichen, so deckt man zuweilen wohl eiserne Platten über die offene Herdform, namentlich wenn man die obere Fläche hart erhalten will, z. B. bei Ambosen, Hämmern u. s. w.

Die verdeckte Herdformerei besteht darin, daß man über die offene Form noch einen, nach Art der Formkasten eingerichteten Deckel stellt, in welchem etwaige Modellirungen und kleine Vorsprünge der äußern Oberfläche des Gußstückes abgeformt werden können.

Gegenstände, welche keine ebenen Oberflächen haben, werden mittelst der Kastenformerei geformt.

Die Formkasten, auch Laden, Gießladen, Formflaschen genannt, sind hölzerne oder eiserne Kasten ohne Boden, welche wenigstens aus zwei genau auf einander passenden Hälften bestehen, die durch Löcher mit Zapfen so zusammengesetzt werden können, daß keine Verschiebung der einen Hälfte gegen die andere möglich ist. Die kleinern Kasten, welche sich leicht von dem Former handhaben lassen, erhalten Griffe, die andern, welche schwerer sind, werden an zwei entgegengesetzten Enden mit Zapfen versehen, welche als Drehaxe dienen, wenn man den Kasten in Ketten an einem horizontalen Wagebalken, der von der Kette des Gießereikrahnes getragen wird, aufhängt. Die beiden Hälften eines Kastens werden als Oberkasten und Unterkasten unterschieden; nur der Oberkasten bekommt die Zapfen.

Jede Gießerei enthält Formkasten von sehr verschiedenen Dimensionen. Die hölzernen Formkasten sind an der innern Fläche mit Leisten beschlagen, um den Formsand besser festzuhalten; die eisernen Formkasten erhalten vorspringende Rippen und Querarme zu gleichem Zwecke.

Taf. XVII. stellt mehrere Formkasten für kleinere Gegenstände dar, wie sie in der Gießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch sind.

Taf. XVII. Fig. 1 ist einer der größten Formkasten der genannten Gießerei. Fig. 1ᵃ ist die obere Ansicht, Fig. 1ᵇ die Zusammenstellung des Ober- und Unterkastens; Fig. 1ᶜ die Ansicht von einem Ende und Fig. 1ᵈ ein Querschnitt, aus welchem die im Innern vorspringenden Rippen ersichtlich sind, welche zur bessern Haltung des Formsandes dienen.

Fig. 2 ist ein kleiner Formkasten von Eisen, mit schrägen Seitenwänden, und nur oben und unten mit vorspringenden Rippen; 2ᵃ ist die obere Ansicht, Fig. 2ᵇ die Seitenansicht; Fig. 2ᶜ die Ansicht von einem Ende und Fig. 2ᵈ ein Querschnitt.

Fig. 3 ist ein kleiner niedriger, aus einzelnen Theilen zusammengenieteter Formkasten, und zwar Fig. 3ᵃ die obere Ansicht, Fig. 3ᵇ die Ansicht von einem Ende, und Fig. 3ᶜ der Querschnitt.

Fig. 4 ist ein Formkasten, dessen einzelne Wände sich auseinander nehmen lassen, indem sie an den Enden mit Zapfen und Löchern versehen sind. Fig. 4ᵃ zeigt die obere Ansicht, Fig. 4ᵇ die Seitenansicht, Fig. 4ᶜ die Endansicht des zusammengestellten Formkastens, Fig. 4ᵈ ist die längere Seitenwand, deren innere Rippen man sieht, und welche mit Zapfenlöchern versehen ist. Fig. 4ᵉ ist die mit Zapfen versehene kürzere Seitenwand, und Fig. 4ᶠ der Querschnitt. Man kann in einer Gießerei solcher Seitenwände verschiedene vorräthig halten, die man dann nach Erfordern zu größern und kleinern Kasten combinirt, und die bei der Aufbewahrung weniger Platz einnehmen, als die aus einem Stück bestehenden Formkasten. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_8$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Man kann auch, um noch größere Formkasten darzustellen, die einzelnen rechteckigen Platten ringsum mit rechtwinklig aufgebogenen Flanschen, die durchlocht sind, versehen, und schraubt dann, nach Erfordern, sowohl der Länge, als der Breite nach die einzelnen Platten zusammen.

Wenn man kleinere Formkasten benutzt, namentlich beim Formen von Messing- und Bronzetheilen, pflegt man dieselben entweder auf eine Bank oder auf einen Tisch zu stellen; größere Formkasten stehen während des Formens auf der Hüttensohle, und die Former arbeiten in gebückter Stellung. Wendet man einen Tisch zum Formen an, so bedient man sich mit Vortheil eines Rolltisches, auf welchem der Formkasten stehend leicht herumgedreht werden kann.

Taf. XVII. Fig. 5 zeigt einen solchen Rolltisch in $^1/_8$ der natürlichen Größe, in der Gestalt, wie er in der Gießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch ist. Fig. 5ᵃ ist die Vorderansicht des Tisches, Fig. 5ᵇ die obere Ansicht, nach Abnahme der drehbaren obern Platte. Man sieht leicht, daß die Drehung der Tischplatte durch den mit vier Rollen versehenen Rollring bewirkt wird.

Kleinere Formkasten sind an den Enden mit Ausschnitten versehen, wie dieselben in Fig. 1ᶜ, 2ᶜ, 3ᵇ und 4ᶜ sichtbar sind; dieselben dienen dazu, um später mittelst der in der Form befindlichen Eingüsse, welche an diesen Oeffnungen münden, das Metall in die Formen zu gießen.

Die Formkasten müssen, wenn diese Eingüsse an der Seite angebracht sind, wie dies namentlich bei der Messing- und Bronzegießerei üblich ist, entweder vertikal

oder schräge aufwärts gerichtet werden. Bei der Eisengießerei pflegt man jedoch größere Formkasten horizontal stehen zu lassen, und die Eingüsse von oben anzubringen.

Um beim Aufrichten der Formkasten den Ober- und Unterkasten gehörig zusammenzuhalten, bedient man sich der Schraubenzwingen; größere Kasten für Eisengießerei müssen durch Gewichte, die man auf den Oberkasten packt, gegen das Auseinanderdrängen durch die flüssige Eisenmasse geschützt werden. Taf. XVII. Fig. b zeigt eine einfache Schraubenzwinge von Holz, die aus einem hölzernen Rahmen mit zwei hölzernen Schrauben besteht; Fig. 6ᵃ ist die Vorderansicht, Fig. 6ᵇ die Seitenansicht.

Taf. XVII. Fig. 7 stellt eine andere Schraubenzwinge für Formkasten von sehr verschiedenen Höhen dar, wie die vorige in $^1/_8$ der natürlichen Größe gezeichnet; die punktirten Linien in Fig. 7ᵃ deuten den Formkasten an. Fig. 7ᵃ ist die Vorderansicht, Fig. 7ᵇ ist die Seitenansicht; a und a′ sind zwei Querriegel, welche durch die beiden Schienen b und b′ zusammengehalten werden. Um diese Schienen nicht auf eine größere Länge mit Schraubengewinden zu versehen, ist auf jeder Schiene nur ein Stück eines metallenen Gewindes c c′ aufgeschoben und in der passenden Höhe mittelst des Stiftes d festgehalten.

Sind die Formkasten höher oder niedriger, so kann man mit Hilfe der in den Schienen b b′ befindlichen Löcher und mittelst des Stiftes d diese Gewinde höher oder niedriger stellen. Der Schluß der Schraubenzwinge wird durch die Schraubenmuttern e und e′ bewirkt.

Außer den vorhin genannten Werkzeugen bedarf der Former behufs der Herstellung der Form noch einer Menge kleinerer Werkzeuge; hierzu gehören namentlich folgende:

1) Kellen (Taf. XVII. Fig. 25 und 26 in $^1/_5$ der natürlichen Größe) in verschiedenen Formen und Größen.
2) Spatel zum Modelliren (Taf. XVII. Fig. 13 und 14 in $^1/_4$ natürlicher Größe) gleichfalls in mancherlei Formen und Größen.
3) Schneiden und Messer (Taf. XVII. Fig. 15, 16, 17 in $^1/_3$ der natürlichen Größe).
4) Glätter und Hebebleche (Taf. XVII. Fig. 19 in $^1/_3$ der natürlichen Größe).
5) Spieße zum Abheben einzelner Formtheile (Taf. XVII. Fig. 18, 22, 23 und 24 in $^1/_3$ der natürlichen Größe).
6) Stacheln, um Luftöffnungen (Windpfeifen) durchzustoßen (Taf. XVII. Fig. 20 und 21 in $^1/_3$ der natürlichen Größe).
7) Nadeln, um einzelne Theile des Formsandes zu verdichten und zu befestigen.
8) Stampfen zum Festdrücken des Formsandes (Taf. XVII. Fig. 8 und 9 in $^1/_4$ der natürlichen Größe).
9) Hämmer zum Lockern des Modells (Taf. XVII. Fig. 10, 11, und 12 in $^1/_4$ der natürlichen Größe).
10) Formbürsten und Pinsel.
11) Staubbeutel und Siebe.

12) Blasebälge und Fächer.
13) Haken.
14) Setzwagen.
15) Winkel und Lineale.

Die sämmtlichen auf Taf. XVII. dargestellten Werkzeuge sind nach den, in der Gießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch befindlichen aufgenommen und gezeichnet.

§. 81.

Allgemeine Eigenschaften der Gußformen — Formsand — Masse.

Die Bedingungen, welche man an eine verlorne Form zum Zwecke der Metallgießerei zu stellen hat, und nach welchen sich sowohl die Auswahl des zur Darstellung der Form benutzten Materials, als auch die Manipulation der Formerei richtet, sind im Wesentlichen folgende.

1) Die Form muß dem geschmolzenen Material eine hinreichende Widerstandsfähigkeit gewähren, so daß sie weder zersprengt oder zerbröckelt, noch geschmolzen oder verbrannt wird.

2) Die Form muß die Begrenzungen des zu erzeugenden Gußstückes so genau als möglich darstellen, so daß das Gußstück, wenn gleich es immer nur eine rohe Körperform liefert, doch der idealen Körperform relativ so nahe als möglich komme (vergl. den Anfang des §. 55), und möglichst wenig für die weitere Bearbeitung zu thun übrig bleibt. Hierzu gehört:

a) Die Form muß von einem Material sein, welches sich in entsprechend dünnen Theilchen, mit möglichst scharfen Conturen, und ohne große Schwierigkeit ausarbeiten läßt.

b) Das Form-Material darf weder eine chemische Verbindung mit dem geschmolzenen Metall eingehen, noch darf es sich mechanisch an die Oberfläche des Gußstückes fest anhängen, noch endlich mit derselben zusammensintern. Um diese Uebelstände zu vermeiden, pflegt man in den meisten Fällen die Oberfläche der Form mit einem dünnen Ueberzuge gewöhnlich aus Kohlenpulver zu überziehen.

c) Die Form muß, wenn sie aus mehreren Theilen besteht, so zusammengesetzt sein, daß sich diese Theile weder verschieben können, noch überhaupt Fugen bilden, welche sich mit dem Gußmaterial anfüllen können. Vollständig ist es in der Regel nicht zu vermeiden, daß in dem Gußstück sich diese Fugen dadurch markiren, daß dünne Massen des Materials, welche in dieselben eingedrungen sind, über die Oberfläche hervorragen. Man nennt diese Theile „Gußnähte." Die Gußnähte müssen so dünn und niedrig, als möglich sein.

3) Die Form muß so beschaffen sein, daß sie sich von dem flüssigen Material in allen Theilen möglichst vollständig anfüllen lasse. Hierzu ist im Allgemeinen folgendes nöthig:

a) Die Form muß mit den nöthigen Eingüssen versehen sein, d. h. mit Kanälen, durch welche das Material in die Form leicht, und ohne die Form

zu zerstören, einfließen kann. Diese Eingüsse, welche einerseits in die Form münden, andererseits in dem Gießloch beginnen, müssen sich bei großen Gußstücken oft in mehrere Kanäle verzweigen, damit der Eintritt des Gußmaterials an mehreren Punkten zugleich erfolge. Bei kleinern Gußstücken, welche in vielen Exemplaren dargestellt werden sollen, vereinigt man die unmittelbar neben einander befindlichen Formen durch Kanäle, und füllt das Material durch ein gemeinschaftliches Gießloch in die Formen, wogegen man bei manchen größern Formen mehrere Gießlöcher an verschiedenen Stellen anbringt, um die Länge der Eingüsse zu vermindern.

Die Gießlöcher müssen stets höher, als der höchste Theil der Form liegen, damit das Material durch den natürlichen Druck der Flüssigkeitssäule in die Form fließe. Zuweilen legt man die Gießlöcher beträchtlich höher, als der höchste Punkt der Form, um eine angemessene Drucksäule zu erhalten, und dadurch nicht allein die Form besser und vollständiger füllen zu können, sondern auch das Material durch den hydrostatischen Druck dichter zu erhalten, und endlich um Material für das „Saugen" des Gußstückes zu erhalten (verlorne Köpfe) (vergl. §. 36. S. 237).

b) Die Form muß die Luft, welche sie anfüllt, und welche durch das eintretende Gußmaterial verdrängt wird, sowie die sich bei dem Gießen bildenden Dämpfe und Gase leicht entweichen lassen. Hierzu ist nöthig, daß man die Eingüsse weit genug mache, und beim Gießen die nöthige Vorsicht beobachte, damit sich dieselben nicht plötzlich mit einer übermäßigen Metallmasse füllen.

Das Entweichen der Luft wird übrigens sowohl durch ein poröses Form-Material, als auch durch die Fugen zwischen den einzelnen Formtheilen erleichtert. Wo dies nicht hinreichend ist, durchsticht man die Form (Luftstechen) mittelst langer Nadeln von der innern Höhlung bis nach Außen, oder man legt besondere Luftkanäle an (Windpfeifen). Namentlich ist bei der Anwendung von Kernen zur Darstellung von Höhlungen darauf zu achten, daß diese Kerne so beschaffen seien, daß sie das Ausströmen der Luft leicht zulassen.

Im Allgemeinen ist der Grundsatz festzuhalten, daß je lockerer und poröser das Form-Material ist, desto feuchter kann die Form beim Gusse sein, und je dichter und fester das Form-Material ist, desto schärfer muß die Form vor dem Gusse getrocknet werden.

c) Die Form muß, wenn nicht besondere Rücksichten, wie beim Hartguß oder Schalenguß, es anders bedingen, so beschaffen sein, daß sie das Material nicht zu schnell abkühlt, weil es sonst zu zeitig erstarrt, oder wenigstens dickflüssig wird, und so das Füllen der Form erschwert. Man stellt daher die Form in den meisten Fällen aus einem schlechten Wärmeleiter her, giebt ihr hinreichendes Material, um nicht zu dünne Wände zu bekommen, und wärmt auch wohl die Form vor, oder hüllt sie ein.

4) Das fertige Gußstück muß sich leicht aus der Form herauslösen lassen, ohne daß man in die Lage kommt, es hierbei zu beschädigen. Die verlornen Formen

werden gewöhnlich zerstört, und müssen daher aus einem leicht zerbröckelnden Material sein; die dauernden Formen (Schalen) müssen eine entsprechende Construction haben, und oft so eingerichtet sein, daß sie sich leicht in Theile zerlegen und wiederum zusammenfügen lassen.

Man sieht, daß ein großer Theil der oben zusammengestellten Erfordernisse durch die Beschaffenheit des Form-Materials bedingt ist; und wir wollen daher die in der Metallgießerei für Zwecke des Maschinenbaues üblichen Materialien zur Formerei hier besprechen.

Das am häufigsten benutzte Form-Material ist der Formsand.

Der Formsand ist ein feiner Quarzsand mit etwas Thonerde gemengt, und oft durch Kohle oder etwas Eisenoxyd gefärbt. Guter Formsand ist für die Herstellung von guten Gußwaaren von der allergrößten Wichtigkeit; er muß vor allen Dingen die nöthige Bindekraft besitzen, so daß er, in sehr wenig angefeuchtetem Zustande, sich mit der Hand zum Ballen drücken läßt, ohne zu zerfallen; er muß möglichst rein sein, d. h. frei sein von vegetabilischen Ueberresten, frei von bituminösen Stoffen, und frei von schwefelhaltigen Kiesen, sowie von kohlensaurem Kalk. Diese Stoffe würden in der Berührung mit dem glühenden Gußmaterial sich leicht zersetzen, Gasentwickelungen und Zerstörungen der Form bewirken.

Reiner Flugsand ist wegen seines Mangels an Bindekraft nicht zur Darstellung von Formen geeignet, ebenso wenig der an Mergel- und Thonerde reiche Sand, dagegen liefern Sandsteingebirgsbildungen, bei welchen der reine Sandstein sich in so lockerem Zusammenhange zeigt, daß er bei geringer Reibung schon zu Sand zerfällt, den besten Formsand.

Die Hauptbedingungen sind also Reinheit und Formbarkeit des Sandes; letztere wird durch den Gehalt an Thonerde bedingt, welche übrigens nur als Gemenge (nie als chemische Verbindung, in der Gestalt von kieselsaurer Thonerde) in dem Quarzsande enthalten sein darf. Welches Verhältniß zwischen beiden Stoffen stattfinden muß, damit der Sand formbar sei, lehrt nur die Erfahrung und directe Versuche. Je weniger Thonerde der Formsand enthält, desto weniger Bindekraft hat derselbe, und bei einem geringen Gehalt an Thonerde (magern Sand) ist er nur im angefeuchteten Zustande zum Formen zu benutzen, und auch das Metall muß in diese feuchten Formen gegossen werden, die dann aber porös genug sind, um die sich bildenden Wasserdämpfe entweichen zu lassen. Benutzt man zu der Formerei solchen magern Sand, der angefeuchtet wird, so nennt man diese Arbeit „Formen im grünen (feuchten, oder magern) Sande.

Sand, welcher schon einigemal zum Formen benutzt worden ist, verliert seine Consistenz; er wird dann zerrieben und mit neuem Sande in angemessenen Verhältnissen vermischt; je nach der Beschaffenheit des Sandes vermischt man 1 Theil frischen Sand mit $1\frac{1}{2}$ bis 4 Theilen gebrauchten Sand, und diese Mengung mit $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ des Volums an Pulver von Holzkohlen oder Kokes, theils um den Sand poröser zu machen, theils auch um ihm weniger Wärmeleitungsfähigkeit zu geben.

Das Formen in grünem Sande wird nur für kleine Gußstücke und da, wo man nur dünne Eisenmassen in den Formen hat, angewandt. Bei größern Eisenmassen muß der Sand weniger feucht und daher, um formbar zu sein, mehr thonhaltig (fetter) sein. Man vermischt daher weniger alten Sand mit dem neuen, setzt weniger Kohlenpulver zu und kann, da hier nicht eine so lebhafte Entwickelung von Wasserdämpfen zu befürchten ist, den Sand fester in die Kasten einstampfen, während man den grünen Sand nur mäßig einstampfen darf. Man nennt dann diese Arbeit „Formen in fettem oder trockenem Sande," wenn gleich der Sand nicht vollkommen trocken, sondern nur trockener ist, als der grüne Formsand. Das Formen in trockenem Sande liefert glattere Oberflächen als das Formen in grünem Sande, besonders wenn man das Innere der Form mit Schwärze überzieht, d. h. mit einem dünnen, mittelst eines Pinsels aufzutragenden Brei, der aus $^1/_4$ fettem Thon, $^3/_4$ Holzkohlenpulver und wenig Stärkemehlkleister besteht.

Das Formen in grünem und trockenem Sande ist das schnellste, leichteste und billigste; es liefert aber nicht sehr scharfe Umrisse und nicht besonders glatte Oberflächen, und kann niemals angewendet werden, wo man sehr feine Verzierungen, oder sehr complicirte Formen hat, in denen Theile des Formmaterials in geringer Dicke weithin frei hervorragen müssen. Man wählt in diesem Falle das Formen in Masse (Masseformerei).

Unter Masse versteht man einen Formsand, der so thonhaltig ist, daß er bei einer Temperatur von 200 bis 300 Grad hart wird. Früher wandte man die Masseformerei zum Guß von Maschinentheilen fast ausschließlich an, während man jetzt nur bei complicirten Stücken sie für den Eisenguß benutzt, dagegen braucht man sie in der Regel für den Guß von Messing, Bronze und ähnlichen Legirungen. Man wendet für die Masseformerei frischen fetten Sand mit $^1/_3$ bis $^1/_4$ schon gebrauchten Sand an, außerdem setzt man noch etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ des Volums gut gesiebtes Kohlenpulver hinzu, je nach der Beschaffenheit der Gußstücke und des Sandes. Dieser Zusatz hat den Zweck, das Festbrennen der Form an dem Gußstück zu vermeiden, und einige Porosität in die Masse zu bringen.

Die Masseformerei ist stets Kastenformerei, und das Verfahren dabei unterscheidet sich von der eigentlichen Sandformerei nur dadurch, daß die Form scharf getrocknet wird, so daß also eine Entwickelung von Wasserdämpfen beim Gießen nicht zu befürchten steht. Man bedient sich zum Trocknen der Trockenkammer (siehe §. 84.), in welche man die Formen hineinschafft entweder mittelst der Hand, oder auf niedrigen Rollwagen, und in denen sie 2 bis 3 Tage zum Austrocknen stehen bleiben, worauf man sie herausnimmt, die beschädigten Stellen ausbessert, und dann den Guß bewirkt. Da Formen in Masse ausgetrocknet werden, so kann man den Formsand viel fester einstampfen, und daher die einzelnen feinen Theile der Form dichter und haltbarer machen, als bei der Sandformerei.

Das natürliche Gemenge von Sand und Thon ist für die Formerei das beste; kann man keinen guten, natürlich gebildeten Formsand erhalten, so

muß man sich solchen künstlich bereiten, und dies findet besonders statt, wenn man fetten Sand, wie er zur Masseformerei nöthig ist, braucht; dieser ist seltener als der magere Sand, und muß daher in den meisten Fällen zubereitet werden, woher auch der Name „Masse“ kommt.

Um Formen für Bronze, Rothguß u. s. w. herzustellen, kann der Sand feiner sein, als für den Eisenguß, da diese Formen nicht so porös zu sein brauchen.

Ueber die Bestandtheile des guten Formsandes sind im Laboratorium des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin Analysen angestellt. Die untersuchten Qualitäten waren:

Nr. 1. Formsand aus der Eisengießerei von Freund in Charlottenburg bei Berlin.

Nr. 2. Englischer Formsand aus der Gegend von Manchester, welcher vorzugsweise zur Anfertigung von Kernen benutzt wird.

Nr. 3. Sand von Eayna in Schweden zu gleichem Zweck benutzt.

Nr. 4. Formsand, welcher in den Pariser Erzgießereien für Masseformerei benutzt wird.

	1	2	3	4
Kieselerde	92,033	92,913	90,625	91,907
Eisenoxyd	2,498	1,249	2,708	2,177
Thonerde	5,415	5,830	6,667	5,683
Kalk	Spuren	Spuren	Spuren	0,415
	99,998	99,992	100,000	100,182

Nach diesen Untersuchungen würde man eine gute Mischung für fetten, zur Masseformerei sich eignenden Formsand erhalten aus etwa:

91 bis 92 Theilen feinen Quarzsand,
$1\frac{1}{4}$ bis $2\frac{3}{4}$ Theilen rothes Eisenoxyd,
$5\frac{1}{2}$ bis $6\frac{2}{3}$ Theilen möglichst kalkfreier Thonerde.

Der fette Formsand soll nach andern Angaben oft bis $11\frac{1}{2}$ Procent Thonerde enthalten.

Ist ein Sand zu fett, so schafft man das Uebermaaß an Thon durch Waschen heraus, ist er zu mager, so setzt man trockenen Thon hinzu, indem man die Substanzen etwas anfeuchtet und sehr sorgfältig vermengt.

Der Formsand, sei es nun natürlicher oder durch künstliche Mengung dargestellter, muß, bevor er in der Formerei zur Verwendung kommt, einer Vorbereitung unterworfen werden. Zunächst wird der Formsand getrocknet, wozu man die Trockenkammer benutzt, und demnächst zerreibt man ihn entweder zwischen horizontalen Walzen, oder auf einer Mühle mit Rollsteinen, die sich auf einer gußeisernen Platte drehen. Dieselbe Mühle wird auch zum Zermahlen der Steinkohlen, Kokes und Holzkohlen gebraucht, welche man als Kohlenpulver mit dem Formsand, oder der Schwärze (siehe oben) vermengt.

Taf. XXV. Fig. 3 stellt eine solche Kohlenmühle für Eisengießereien dar. Fig. 3[a] ist die Vorderansicht, Fig. 3[b] der Horizontalschnitt

nach der Linie A B, Fig. 3[c] ein Ständer des eisernen Gerüstes, Fig. 3[d] der obere Träger und Fig. 3[e] ein Querschnitt der gußeisernen Bodenplatte.

Sämmtliche Figuren sind in $^5/_{144}$ der natürlichen Größe gezeichnet, und ohne weitere Beschreibung vollkommen verständlich.

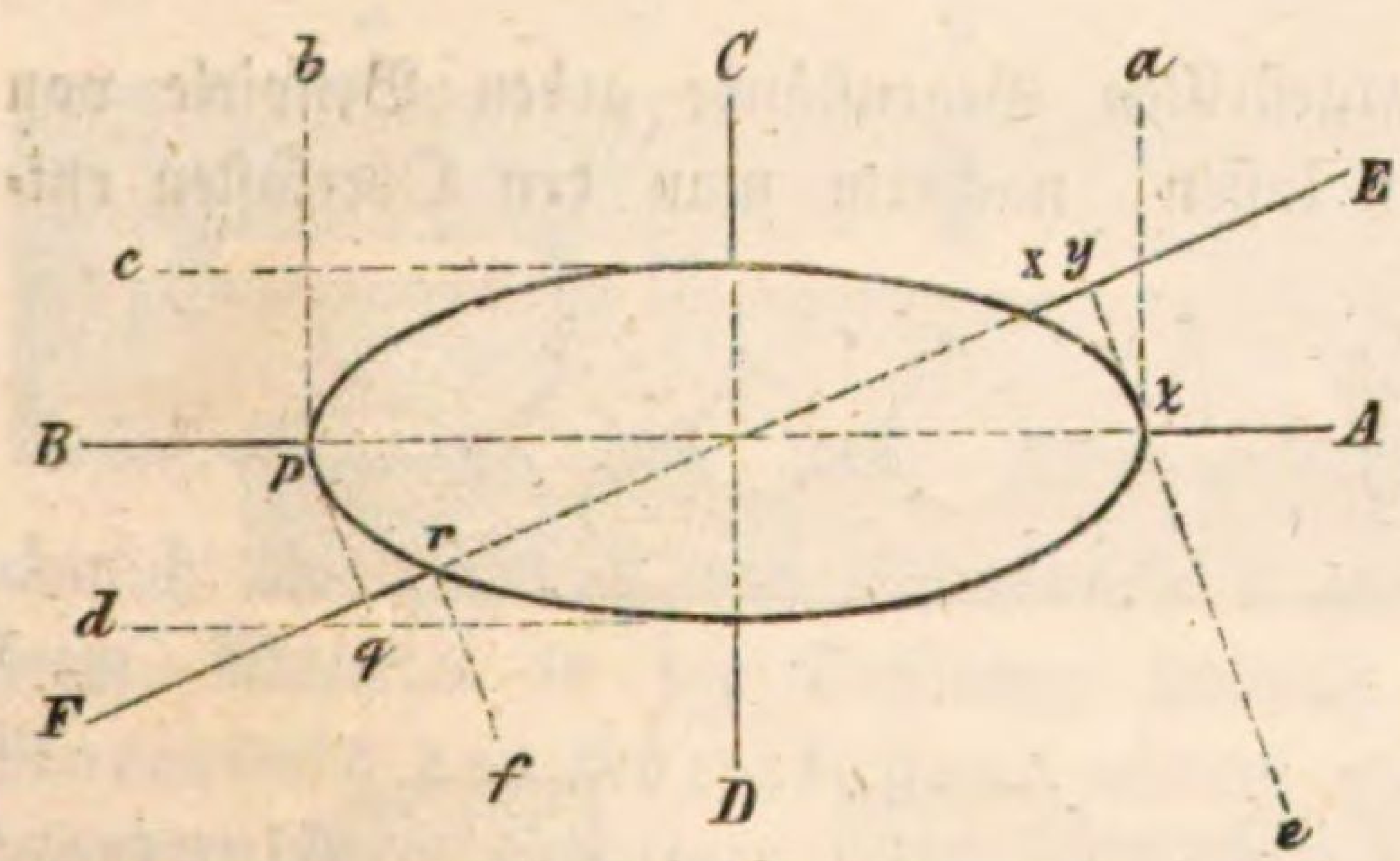
Der zermahlene Sand, oder die zermahlenen Kohlen werden entweder mit Handsieben oder mittelst eines Cylindersiebes, ähnlich denjenigen, welche in Mahlmühlen gebräuchlich sind, gesiebt und sortirt. Das Sieb ist mit einem Drahtgewebe versehen, und liefert verschiedene Sorten, die je nach ihrer Feinheit verschiedene Verwendung finden.

§. 82.

Kastenformerei.

Die Arbeit des Formens in Sand oder Masse erfordert, besonders bei complicirten Formen Geschick, Umsicht und Erfahrung; sie läßt sich daher im Allgemeinen nicht durch Beschreibung lehren, sondern nur durch Uebung und verständige Praxis. Wir können uns daher hier nur darauf beschränken, einige Gesichtspunkte festzustellen, auf welche es bei der Formerei vorzugsweise ankommt. *)

(71)



Der nebenstehende Holzschnitt 71 hat den Zweck einige bei der Darstellung der Formen maaßgebende Rücksichten zu erläutern. Der zu formende Körper sei eine Stange von elliptischem Querschnitt; die Form wird dann, wie bei ähnlichen Körpern, aus zwei Hälften dargestellt, indem man dieselbe nach der Linie A B theilt, und zwar so, daß kein Theil des Modells über die Ebenen a und b vortritt, welche man an den Rändern des Modells normal auf die Theilungsebene annehmen kann, und nach deren Richtung man die obere Hälfte der Form abheben muß, damit man das Modell, welches entweder in der untern Hälfte der Form liegen bleibt, oder welches auch ebenfalls nach der Ebene A B getheilt ist, und zum Theil in der untern, zum Theil in der obern Formhälfte stecken bleibt, herausnehmen kann. Die Form könnte überhaupt auch nach der Ebene C D getheilt worden sein, und nach den zu C D normalen Ebenen c und d abgehoben werden, denn auch hier würde kein Theil des Modells über diese Ebene hervorragen. Die Form kann also, wie das Modell auch immer beschaffen sein mag, sowohl nach der Ebene A B, als nach der Ebene C D getheilt werden,

*) Vergl. Appleton's Dictionary of Machines, Mechanist, Engine-Works and Engineering, der Artikel: „Casting and Founding."

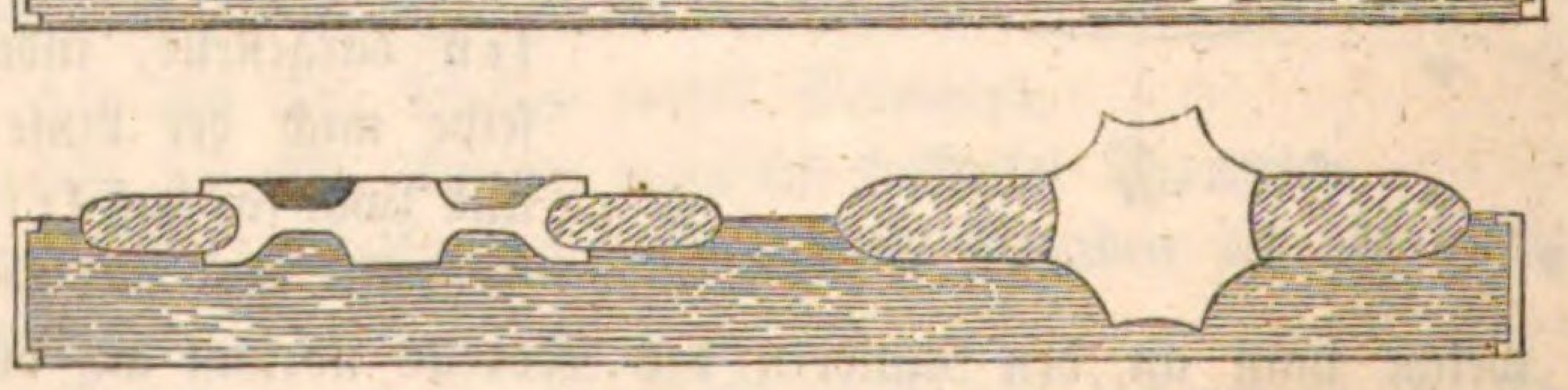
vorausgesetzt, daß kein Theil des Modells über das Rechteck a b c d hervortritt, oder unterschnitten ist.

Denken wir uns nun die Figur im Holzschnitt 71 so gedacht, daß der Boden nach oben kommt, und daß die Ebene E und F horizontal wird, und theilen wir die Form nach dieser Ebene, so sieht man, daß das Abheben der obern Formhälfte nach den Ebenen e und f unmöglich ist, weil, wenn man die Form dann vertikal abheben wollte, derjenige Theil derselben, welcher unter dem Modell seitwärts von der Ebene e bei y z liegt, von dem Modell zurückgehalten und aus dem Formkasten herausgerissen werden würde. In solchen Fällen nun, wo der obere Theil der Form wegen derartigen Unterschneidungen sich nicht herausheben lassen würde, gestaltet man den Theil des Form-Materials, welcher zwischen der Ebene A und E, und unterhalb des Modells liegt, als ein besonderes Stück, welches mit dem übrigen Theil des Form-Materials nicht in festem Zusammenhange steht, sondern liegen bleibt, wenn man den obern Theil der Form abhebt; man nennt ein solches Stück ein Einlagestück oder einen falschen Kern.

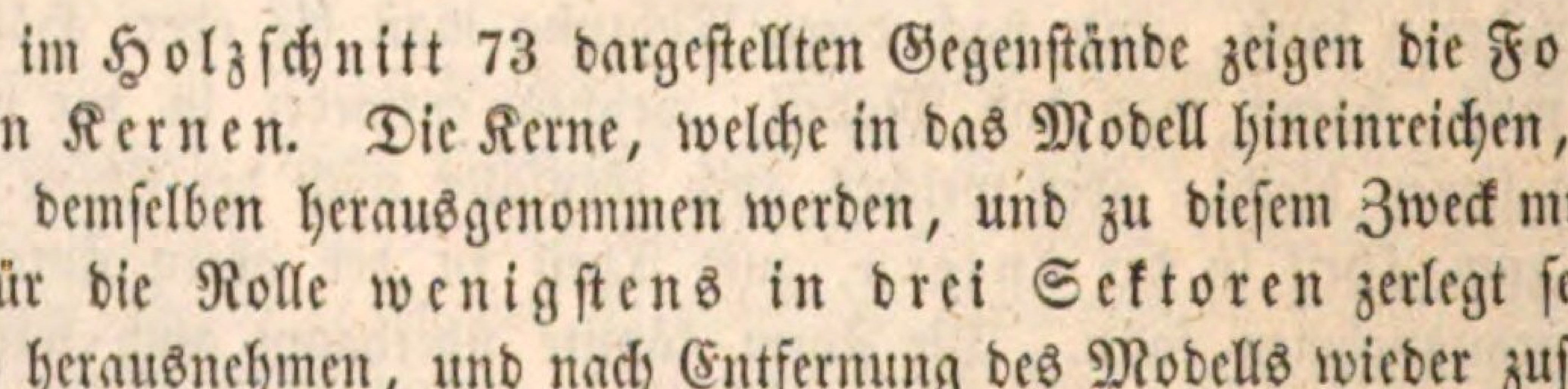
In dem vorliegenden Beispiel würde also der obere Formkasten nach der Richtung e und f abgehoben werden können, indem die Ebene E F Theilungs-Ebene ist, und während das Stück x y z und p q r mit dem Modell im untern Kasten liegen bleibt, dann könnte man die Stücke x y z und p q r entfernen, und das Modell ausheben.

Die im Holzschnitt 72 dargestellten Gegenstände geben Beispiele von Modellen, welche sich leicht ausheben lassen, nachdem man den Oberkasten ent-

(72)

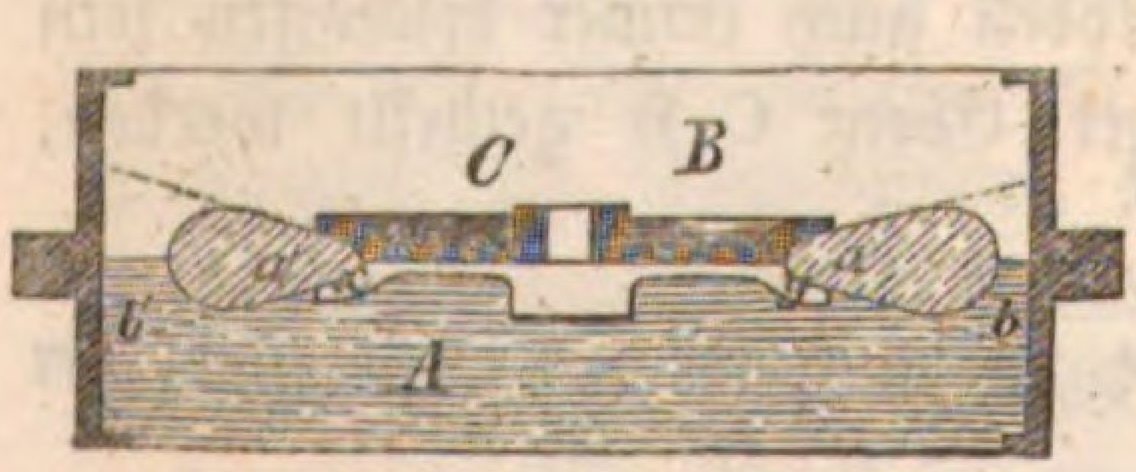


(73)



fernt hat; die im Holzschnitt 73 dargestellten Gegenstände zeigen die Formerei mit falschen Kernen. Die Kerne, welche in das Modell hineinreichen, müssen seitwärts aus demselben herausgenommen werden, und zu diesem Zweck muß z. B. der Kern für die Rolle wenigstens in drei Sektoren zerlegt sein, die man seitwärts herausnehmen, und nach Entfernung des Modells wieder zusammenstellen muß. Das Modell bleibt hierbei ungetheilt. Um indessen hier gleich

(74)

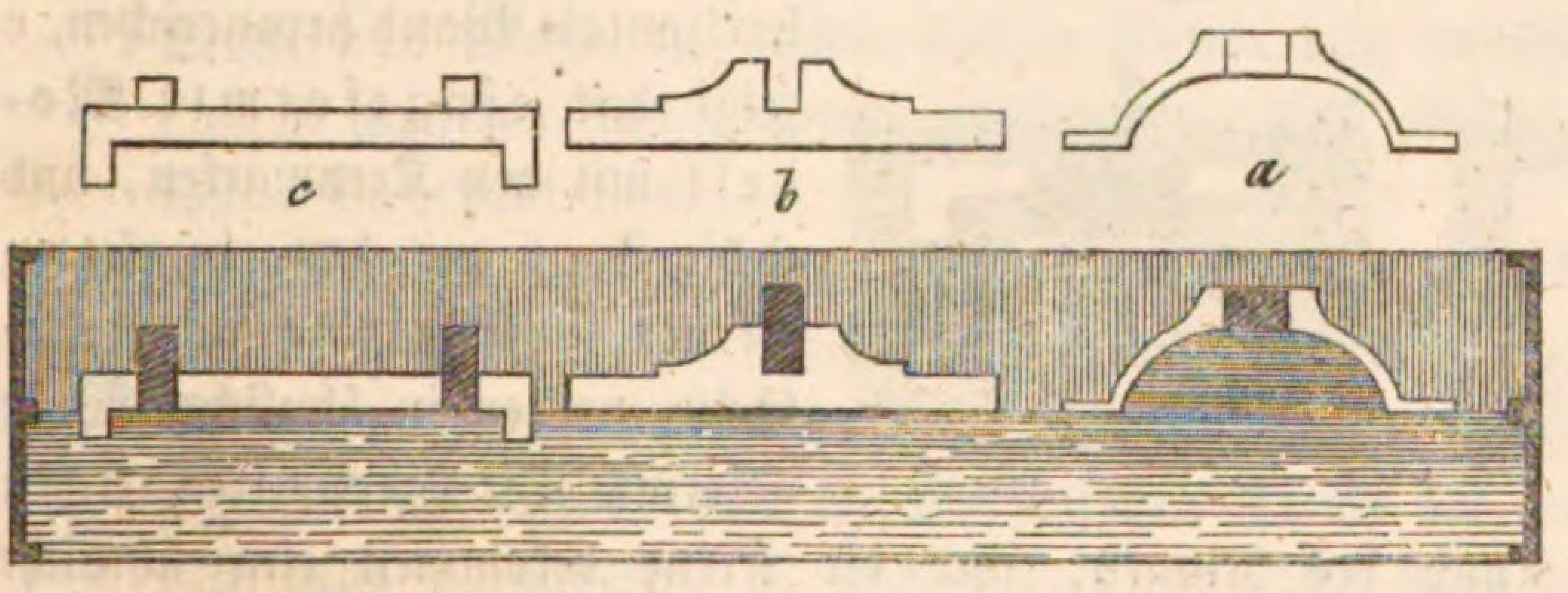


ein Beispiel anzuführen, wie man denselben Gegenstand auf sehr verschiedene Weise formen kann, möge Holzschnitt 74 dienen, welcher dieselbe Rolle in anderer Weise geformt zeigt. Das Modell ist hier nach der Linie x y getheilt; zuerst wird das Modell

in den Unterkasten A eingeformt, und zwar bis zu der Höhe a a'; der Sand wird nach den Linien a b und a' b' fortgeschnitten; es wird hierauf etwas fetterer Sand oder Masse eingestampft, um die Kerne zu bilden, nachdem man die Oberfläche a b und a' b' gehörig mit trockenem Quarzsande, oder mit feinem Ziegelmehl übersiebt hat, um das Zusammenkleben zu verhüten, schließlich überstreut man die Oberfläche des Kerns in ähnlicher Weise, setzt den Oberkasten B auf, und stampft ihn voller Sand. Um das Modell auszuheben, wird zuerst der Oberkasten B mit dem halben Modell C abgehoben, umgekehrt und das halbe Modell C entfernt; dann setzt man beide Kasten wieder zusammen; kehrt das Ganze sehr vorsichtig um, so daß der Unterkasten A nach oben kommt, der Kern bleibt dann auf dem Kasten B liegen, der sich zu unterst befindet, man hebt nun A von B ab, nimmt den rückständigen Theil des Modells heraus und stellt dann zusammen. Hierbei braucht also der Kern nicht in Sektoren zerlegt zu werden.

Die Anwendung der Kerne zur Darstellung von Höhlungen und Durchbrechungen läßt eine Menge von verschiedenen Methoden zu. Wir begnügen uns damit, hier einige der bekanntesten und wichtigsten anzudeuten.

(75)



Holzschnitt 75 unter a zeigt eine Methode, eine Durchbrechung darzustellen ohne eigentliche Kerne; man sagt dann, das Modell habe seinen eigenen Kern. Wenn nämlich die Höhlung des Spurbockes a genügend verjüngt ist, so kann das Form-Material in der Oeffnung lediglich als Fortsetzung des Form-Materials des Unterkastens dienen, ohne daß man nöthig hat, hier einen besondern Kern einzulegen, und es bleibt der Sand der Höhlung stehen, indem man das Modell abhebt.

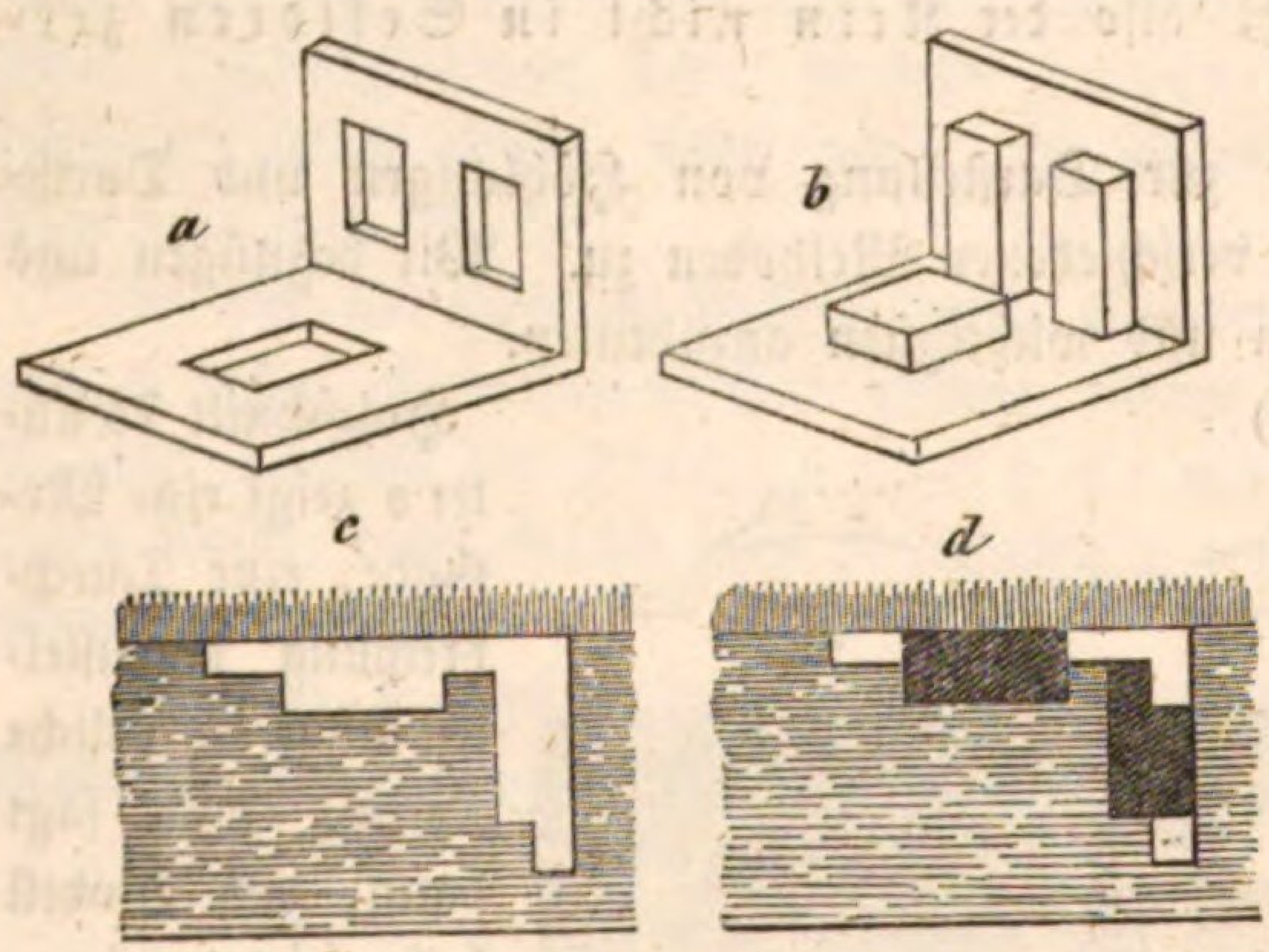
In andern Fällen hilft man sich auch so, daß man vor dem Einformen die Oeffnung im Modell mit etwas fetten Sand vollständig anfüllt, und diesen einstampft; hierauf formt man das ganze Modell, als wäre es massiv, bevor jedoch das Modell aus der Form ausgehoben wird, stößt man die Füllung der obern Oeffnung leicht aus, so daß sie an der entsprechenden Stelle als Kern liegen bleibt, und nimmt dann das Modell heraus.

Hat das zu formende Stück die Gestalt des Modells b oder eines ähnlichen, so pflegt man in der Weise zu verfahren, daß man den Zwischenraum zwischen den beiden Lappen mit einem massiven Stück ausfüllt, welches aus einem weichen, ungebrannten Ziegelstein ausgeschnitten und gehörig zurecht gefeilt ist; dieser Kern ragt an beiden Seiten etwa um den Betrag seiner Dicke hervor, und nun wird das Modell geformt, als ob es ein volles Stück wäre; schließlich nimmt man dann das Kernstück aus dem Modell heraus, und legt es in die Form ein.

Eine dritte Methode der Formerei mit Kernen, und die am häufigsten angewandt, ist die, daß man das Modell mit Kernmarken (S. 444) versieht, und daß man in besondere Kernkasten, oder auch aus freier Hand Kerne von Masse oder von Lehm formt, welche man in die entsprechenden Eindrücke, die von den Kernmarken herrühren, hineinstellt; Holzschnitt 75 unter c giebt ein Beispiel hierzu.

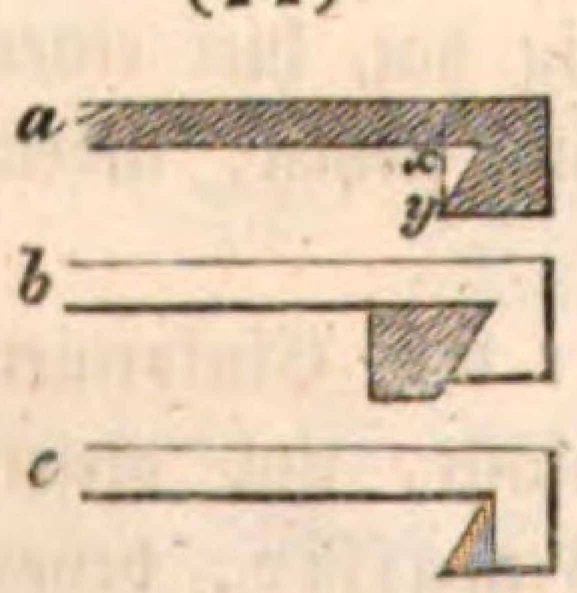
Einige Schwierigkeit in der Formerei macht es, wenn die Durchbrechungen in den Seitenwänden eines Gußstückes liegen sollen, so also, daß die Mittellinie der Oeffnung nicht zusammenfällt mit der Richtung des Aushebens. Die Kernmarken müssen dann so construirt werden, daß das Ausheben möglich ist, und die Kerne bekommen eine entsprechende Form.

(76)



Der Holzschnitt 76 macht dies anschaulicher: a ist das fertige Gußstück, welches drei Durchbrechungen zeigt; b ist das Modell, man betrachte die Kernmarken, und bemerke, daß die Kernmarken an der Seite bis an die horizontale Wand heranreichen, c zeigt das eingeformte Modell mit den Kernmarken, und d die Form mit den eingesetzten Kernen. — Stirnräder mit Zahnlücken werden in ähnlicher Weise geformt. Die Kernmarken reichen bis an den untern Rand des Ringes, und die Kerne bekommen eine ähnliche Gestalt, wie die Seitenkerne bei d in Holzschnitt 76.

(77)



Hat man ein Stück zu formen, welches wie im Holzschnitt 77 eine Unterschneidung hat, so kann man auch hier in sehr mannigfacher Weise verfahren.

1) Man kann das Stück vertikal formen, so daß der gezeichnete Querschnitt horizontal ist.
2) Man kann das Stück horizontal formen, und zwar so, daß die Linie x y eine volle rechteckige Begrenzung giebt, und später hobelt man die Nuth aus.
3) Man kann wie unter Nr. 2 formen, und dann einen falschen Kern nach dem schraffirten Stück in b einlegen.
4) Man kann, wie in c angedeutet, das Modell theilen, zuerst den nicht schraffirten Theil vertikal herausheben, und dann den schraffirten Theil seitwärts herausziehen.

Kann man den Kern nicht so einlegen, daß er in dem Formkasten sicher genug liegt oder steht, so muß man ihn anhängen, z. B. beim Gießen hohler Kugeln, welche oben eine Oeffnung haben, oder man muß den Kern durch Eisendrähte unterstützen, welche später in das Gußeisen eingegossen werden.

Gegenstände von complicirter Form formt man in dreitheiligen Kasten, auch hat man viertheilige und mehrtheilige Kasten, wenn die Gestalt des zu formenden Körpers es bedingt. Geschickte Former suchen die vieltheiligen Kasten zu vermeiden, und haben eine Menge von Hilfsmitteln und Kunstgriffen, um Formen mancherlei Art, oft ganz ohne Modell, oder doch mit einem sehr vereinfachten Modell herzustellen, auch wohl um Gegenstände zu formen nach einem Modell, welches ganz andere Dimensionen hat. Einige Beispiele werden dies näher bezeichnen.

1) Um Zahnräder zu formen, kann man z. B. so verfahren, daß man ein Modell ohne die Zähne des Rades einformt, dessen äußerer Durchmesser dem Durchmesser des Radkranzes entspricht, und nun formt man mit einer rechenartigen Schablone, welche das Modell von etwa vier Zähnen darstellt, die Zähne an den Radkranz rings herum an. Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man ein Modell einformt, welches neben der Gestalt des Radkranzes noch eine Verbreiterung hat, welche gleich dem Vorsprunge der Zähne über den Radkranz ist, so daß die mit Hilfe dieses Modells erzeugte Form einen hohlen Raum darstellt, in welchem die Zähne noch nicht abgetheilt sind; man setzt nun nach Art der verlornen Kerne Stücke aus Masse in diesen hohlen Raum ein, welche dem Zwischenraum zwischen den Zähnen entsprechen, und welche in einer Art Kernkasten dargestellt sind.

2) Gegenstände, welche kürzer werden sollen als das Modell, oder an welchen bestimmte Theile des Modells fortfallen sollen, werden mit Hilfe des sogenannten Abdämmers hergestellt, indem man das vollständige Modell formt, und die überflüssigen Theile der Form mit Sand vollfüllt und einstampft; in ähnlicher Weise kann man mancherlei Theile, die das Modell nicht hat, an der Form anbringen, indem man entsprechende Theile aus dem vollen Sande ausschneidet und modellirt.

§. 83.

Lehmformerei. — Darstellung der Kerne. — Kunstformerei.

Große Holzmodelle für Gußstücke sind nicht nur in der Herstellung sehr theuer, sondern bei sehr großen Gegenständen würden sie auch in der Handhabung beim Einformen außerordentlich unbequem sein; in den meisten Fällen, wo man es mit sehr einfachen Formen, wie z. B. bei Cylindern, Glocken, Kasten, u. s. w. zu thun hat, pflegt man daher das Modell zu ersparen, und die Form ohne Modell unmittelbar in dem Form-Material darzustellen. Als Form-Material wendet man in diesem Falle Lehm an.

Lehmformerei. Außer den ebengenannten Umständen findet die Lehmformerei noch bei sehr complicirten Gegenständen, namentlich beim Statüenguß und überhaupt bei der Kunstformerei überall da Anwendung, wo man sehr dünne Metallstärken über sehr beträchtlichen Höhlungen darzustellen hat.

Der Formlehm muß ein möglichst backender, jedoch nicht zu sandiger Lehm

sein, der hinreichend plastisch und bildsam ist, dabei aber beim Trocknen möglichst wenig schwindet, und namentlich nicht aufreißt und springt.

Um dem Formlehm diese Eigenschaft zu geben, pflegt man einen guten, kalkfreien Töpferthon mit etwas gebrauchtem Formsande und mit $^1/_5$ bis $^1/_3$ seines Volums an Kuhhaaren oder Pferdemist zu vermengen und tüchtig durchzuarbeiten.

Das Verfahren bei der Lehmformerei besteht im Wesentlichen in folgenden Operationen:

a) die Darstellung des Kerns;

b) die Darstellung des Hembdes oder des eigentlichen Modells;

c) die Darstellung des Mantels.

Die Darstellung eines Kerns kann entweder durch Formen in Kernkasten, oder durch Abdrehen über einem eisernen Rohr, oder durch Abdrehen über einem gemauerten Kernkörper bewirkt werden. Diese drei Verfahrungs-Arten werden je nach dem Durchmesser des Kerns zur Anwendung gebracht. Kerne von etwa zwei Zoll Durchmesser und wenn sie nicht länger als 12 bis 15 Zoll sind, pflegt man in einem Kernkasten darzustellen (S. 444), wenn der Durchmesser der Kerne 15 bis 20 Zoll überschreitet und wenn die Kerne stehend in der Form aufgestellt werden können, so pflegt man sie über einem gemauerten Kernkörper darzustellen, in andern Fällen wählt man die Darstellung über einem eisernen Rohre, welches die Seele des Kerns bildet.

Das Rohr, welches die Seele des Kerns bildet, ist von Guß- oder Schmiedeeisen, hat einen um einige Zoll geringern Durchmesser, als der Durchmesser des Kerns werden soll, und ist an seiner äußern Peripherie mit einer Menge kleiner Durchlöcherungen versehen, so daß die Luft und die Gasarten durch das Innere der Röhre entweichen können. Durch die Röhre geht entweder der ganzen Länge nach eine Welle, durch welche die Röhre centrisch unterstützt und getragen wird, oder die Enden der Röhre dienen als Zapfen, um welche die Röhre, nachdem man sie in Lager gelegt hat, sich drehen läßt. Diese Drehung geschieht mittelst einer aufgesteckten Kurbel; der Lehm wird nun bei kleinen Kernen unmittelbar auf die Röhre aufgetragen, bei größern Kernen aber umwickelt man die Röhre vorher mit einem Strohseil, welches mittelst einer einfachen Maschine zusammengedreht wird, und welches die Former zu diesem Zweck gewöhnlich vorräthig halten.

Nachdem die Röhre mit dem Strohseil umwickelt ist, wobei man an denjenigen Stellen des Kerns, welche einen größern Durchmesser bekommen sollen, das Strohseil einige Male sich übereinander wickeln läßt, überzieht man dasselbe mit Lehm in hinreichender Stärke, und nun hält man eine Schablone, welche die Profile des Kernquerschnittes enthält, in dem entsprechenden Abstande von der Drehare der Röhre an und dreht den überflüssigen Lehm gegen diese Schablone ab, so daß die Oberfläche des Kerns glatt wird. Der wichtigste Zweck der Strohseile ist der, daß sie eine elastische Unterlage beim Schwinden des Eisens bilden, und folglich das Zerspringen der Röhre hindern, sowie auch der, daß sie der Luft Gelegenheit gewähren nach den Durchlöcherungen der Röhre hin zu gelangen. Der abgedrehte Kern wird nun getrocknet und mit Schwärze angestrichen.

Die Lehmkerne über einem gemauerten Kernkörper werden zunächst aus Ziegelsteinen aufgemauert. Man pflegt zu dem Zweck auf einer gußeisernen Grundplatte einen cylindrischen Körper aus ungebrannten, aber schon getrockneten Steinen mit Lehmmörtel aufzumauern, und zwar entweder hohl, oder massiv, je nach dem Durchmesser des Kerns. Dieser Cylinder ist etwas höher, als der zu gießende Körper ist, und hat einen Durchmesser, der um etwa 4 Zoll geringer ist, als der Durchmesser der Höhlung werden soll, denn um den Durchmesser dieser Höhlung vollständig und genau darzustellen, überzieht man die äußere Fläche dieses gemauerten Kerns mit einer etwa 2 Zoll dicken Lehmschicht, welche abgedreht wird.

Zu diesem Zwecke befindet sich in der Axe des Kerns eine Spindel, welche eine genau vertikale Stellung hat, und an der mittelst eines verstrebten Armes eine hölzerne Schablone befestigt ist, die man herumdreht und gegen welche man die äußere Peripherie des Kerns so glatt und so richtig als möglich abdreht. Hierauf wird der Kern getrocknet, geschwärzt und mit feinem Sand oder mit Ziegelmehl übersiebt.

Nachdem auf diese Weise der Kern vollendet ist, schreitet man zur Darstellung des Hembes.

Das Hembe ist eine Lehmschicht, welche auf den Kern aufgetragen wird und zwar in einer Dicke, welche genau die Dicke des Gußstückes darstellt. Weil der Kern nach seiner Vollendung mit Sand bestreut worden ist, so vereinigt sich der Lehm, welcher das Hembe bildet, nicht mit dem Lehm des Kerns, sondern läßt sich später davon leicht trennen. Vorläufig aber macht man das Hembe mit Hilfe einer Schablone, welche die äußere Gestalt des Gußstückes angiebt, fertig, trocknet es, schwärzt es und bestreut es mit Sand. Nun schreitet man zur Darstellung des Mantels.

Man trägt auf das Hemd eine Lehmschicht von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Dicke auf, umgiebt dieselbe mit einem Mauerwerk aus getrockneten Ziegeln, übergießt auch wohl noch das Ganze von Außen mit Gyps, um eine feste Masse zu bekommen; hiermit sind die vorläufigen Formungs-Arbeiten vollendet. Nunmehr kommt es darauf an, den Mantel von dem Hembe abzuheben, dann das Hembe zu zerstören und es von dem Kern zu entfernen, und schließlich den Mantel wieder an seine Stelle zu bringen. Man sieht leicht, daß dann zwischen der innern Höhlung des Mantels und der äußern Fläche des Kerns ein Zwischenraum entstanden sein muß, welcher vorhin von dem Hembe ausgefüllt war, und welcher später von dem geschmolzenen Metall eingenommen wird.

Das Abheben des Mantels erfolgt entweder nach oben hin mittelst eines Krahns, oder nach den Seiten hin, indem man den Mantel durch einen Vertikalschnitt in zwei Hälften theilt. In jedem Falle muß man die Stellung des Mantels gegen den Kern durch Marken, oder durch feststehende Stifte kenntlich machen.

Bei einfachen Gußstücken und bei geschickter Formerei kann man das Hembe entbehren, wenn die zu formenden Gußstücke so groß sind, daß man den Mantel von Innen darstellen kann.

Man formt nun den Kern und dreht ihn von Außen nach der Schablone ab, und formt dann den Mantel und dreht denselben von Innen nach einer Schablone ab, welche den Querschnitt der äußern Begrenzung des Gußstückes darstellt. Diese Operation ist z. B. auf Taf. XVIII. in Fig. 1ª dargestellt. Hierauf werden beide Theile gehörig getrocknet, geschwärzt und in der richtigen Entfernung zusammengestellt.

Hat man Gußstücke von beträchtlicher Höhe zu gießen, so übt das geschmolzene Metall einen beträchtlichen hydrostatischen Druck aus, welcher das Bestreben äußert die Form zu zersprengen. Der Mantel muß dann hinreichend stark construirt und namentlich, wenn er aus zwei Hälften besteht, mittelst starker Schienen und schmiedeeiserner Ringe zusammengehalten werden, um die Form noch mehr zu sichern und auch um dieselbe so tief zu bekommen, daß daß das geschmolzene Metall durch den natürlichen Druck der Schwere in die Form hineinfließen kann, pflegt man die Form in eine Grube zu stellen und sie ringsum mit Erde einzustampfen (einzudämmen), eine solche Grube heißt eine Dammgrube (siehe den folgenden Paragraphen).

Bei kleinern Gußstücken pflegt man auch wohl die Lehmformerei mit der Kastenformerei zu verbinden, nämlich so: Man formt durch Abdrehen einen Kern, welcher aber in seinem äußern Umfange genau die äußere Gestalt des darzustellenden Gußstückes hat, also gewissermaaßen ein aus Lehm geformtes Modell repräsentirt, nur mit dem Unterschiede, daß es länger ist und an beiden Enden bis auf den Durchmesser der Höhlung des Gußstückes abgedreht ist. Dies Modell wird in den Formkasten in Sand oder in Masse eingeformt, dann herausgenommen und nun dreht man von dem Modell eine Lehmschicht herunter, welche gleich der Wanddicke des zu gießenden Körpers ist; das so bearbeitete Stück gilt nun als Kern, wird in die Form eingelegt, was leicht bewirkt werden kann, da die hervorragenden Enden die Stelle der Kernmarken vertreten haben, und hierauf stellt man die Form zu. Uebrigens kann man die Operation des zweiten Abdrehens des Modells erleichtern, wenn man zuerst das Stück als Kern fertig dreht, es trocknet, schwärzt, mit Sand bestreut und nun mittelst einer Lehmschicht ein Hemd herumformt. Ist dies geschehen, so wird das fertige Modell in den Kasten eingeformt, herausgenommen, von dem Hemde befreit und als Kern wieder eingelegt. Endlich pflegt man auch wohl für die äußere Form ein Holzmodell zu brauchen und nur den Kern aus Lehm zu machen; das Verfahren kommt dann ganz auf die Kastenformerei zurück, die Formen sind horizontal und die Kerne müssen, wenn sie lang und dünn sind, zur Vermeidung der Durchbiegung unterstützt werden. Diese Unterstützung geschieht entweder mittelst Drähten, an welchen man die Kerne aufhängt und die dann in dem Gußstück zurückbleiben, oder mittelst kleiner Sand- oder Lehmstützen, welche natürlich durch die Höhlung der Form hindurchgehen und in dem Gußstück Oeffnungen zurücklassen, die man später nach vollendetem Guß durch eingesetzte Pfropfen von Eisen verschließt.

Soll das Gußstück an seiner äußern Metallfläche Verzierungen erhalten, so pflegt man dieselben zuweilen aus Wachs zu modelliren, auf das Modell oder

das Hemde aufzusetzen und später aus der Form auszuschmelzen, bevor das Metall eingegossen wird. Dies Verfahren kommt z. B. bei der Glockengießerei und bei der Geschützgießerei vor.

Dampfwege in Dampfcylindern, Ansatzröhren, Seitenkanäle u. s. w. werden nach der Vollendung des Mantels in demselben ausgearbeitet, und die Kernstücke von Lehm müssen auf sorgfältige Weise mittelst Eisenstangen, oder mittelst Drähten darin befestigt werden.

Die Lehmformerei findet, wie schon oben bemerkt, eine ausgedehnte Anwendung beim Formen von Kunstsachen.

Das Verfahren, hohle Statüen, Büsten und andere Gegenstände zu formen, ist ein verschiedenes, und es lassen sich im Wesentlichen vier Haupt-Methoden unterscheiden:

Erste Methode. Man arbeitet in Thon ein rohes Modell der zu gießenden Figur, oder vielmehr der Höhlung derselben, also des Kerns; man überzieht diesen Kern mit Wachs von der Dicke, welche das Modell bekommen soll, und modellirt nun in der Oberfläche des Wachses die Figur vollständig fertig; statt dessen kann man auch bereits modellirte Theile in einzelnen Wachstafeln auftragen; an diesen Wachsüberzug setzt man nun an entsprechenden Stellen cylindrische Wachsstangen an, welche später die Eingüsse geben sollen, und die bis außerhalb der Form führen müssen. Ist das Modell der Figur so hergestellt, so überzieht man es mit Thon; die ersten Lagen werden sehr dünn mit einer Bürste oder mit einem Pinsel auf den Wachsüberzug aufgetragen und man verwendet dazu sehr fein geschlemmten und gemahlenen Thon, die folgenden Lagen werden kräftiger, bis man einen Mantel hat, der die nöthige Dicke besitzt. Ist alles in den einzelnen Theilen mit Vorsicht getrocknet, so zündet man unter dem Gerüst, auf welchem das Modell erbaut worden ist, und rings um letzteres ein lebhaftes Feuer an, durch welches man den Wachsüberzug schmelzt; der abfließende Wachsüberzug wird durch unten angebrachte Oeffnungen, welche man vor dem Gießen wieder verstopft, abgefangen und gesammelt. Hierdurch bildet sich also eine hohle Form, indem der Wachsüberzug das Hemde darstellte; man versenkt die Form in die Dammgrube, unterstampft sie gehörig und vollendet den Guß.

Zweite Methode. Die Figur wird in Thon fertig modellirt, sodann wird sie in kleinen Zwischenräumen mit Stiften aus Bronze besetzt, welche ein Stück länger sind als die Metalldicke der Figur, und welche man so tief eintreibt, daß sie mit ihren äußern Enden genau in der Oberfläche des Modells liegen. Nun nimmt man zwischen den Stiften von der Oberfläche des Modells so viel ringsum fort, als die Metalldicke betragen soll, während die Stifte stehen bleiben, und, nachdem man auf diese Weise den Kern gebildet hat, überzieht man diesen wieder bis zur Höhe der Stifte mit einem Ueberzug von Wachs, Talg und Harz, und stellt so das Modell der Figur wieder her. Das folgende Verfahren ist genau so, wie bei der ersten Methode, man bildet den Mantel und schmelzt die Wachsschicht heraus. Die Bronzestifte bleiben im Abguß stecken und vereinigen sich mit dem geschmolzenen Metall.

Dritte Methode. Von dem fertigen Thonmodell wird ein Gypsabguß

gemacht, und dieser wird zum Formen benutzt, indem man um denselben eine Form aus einzelnen Stücken herstellt. Die Theile dieser Form bestehen da, wo sie das Modell berühren, aus einer Lage von fettem Formsand oder von Masse oder von Lehm, etwa 1 bis 1½ Zoll Dicke, und hinter dieser bildet man die Verstärkung aus Mauersteinen und Gyps etwa 10 bis 12 Zoll stark. Ist die Form fertig, so nimmt man sie in einzelnen Theilen auseinander, entfernt das Modell, und nachdem die einzelnen Theile gehörig getrocknet sind, baut man sie in der Dammgrube wieder zusammen, gießt in die Höhlung ein Material, das sich zum Kern eignet, nachdem man das Hauptgerippe des Kerns aus Mauersteinen und aus Eisenstäben aufgeführt hat, und nimmt nun die einzelnen Theile der Form wieder fort. Von dem stehenbleibenden Kern arbeitet man nun so viel herunter, als die Wanddicke des Materials betragen soll, stellt die Form wieder herum, verdämmt und kann dann den Guß beginnen.

Vierte Methode. Der Beginn der Operation ist wie bei der vorigen Methode, nur ist die Darstellung des Kerns anders, indem man, nachdem die einzelnen Theile der Form von dem Original-Modell abgenommen worden sind, die hohlen Formtheile im Innern einzeln mit einem Hemde versieht, d. h. mit einem Ueberzuge von Thon, den man trocknet; ist dies geschehen, so wird die Form um den vorläufig aufgemauerten und in den Hauptumrissen hergestellten Kern zusammengestellt, und zwar von unten nach oben hin, man füllt, sowie ein Theil der Form mit dem darin sitzenden Hemde aufgestellt ist, den Raum zwischen dem Hemde und dem Kerngerüst mit Lehm aus, und baut so gleichzeitig mit der Zusammenstellung der Form den Kern fertig. Nun wird die Form wieder in den einzelnen Theilen auseinander genommen, das Hemde aus den einzelnen Formtheilen herausgenommen und demnächst die Form um den fertigen Kern wieder aufgebaut, zusammengestellt, befestigt und eingedämmt.

Die beiden letzten Methoden haben den Vortheil das Original zu conserviren, die letzte Methode ist die langsamste und umständlichste, allein die vorzüglichste, da sie die Herstellung eines ordentlichen Lehmkerns gestattet; sie wird in der Bronzegießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin vorzugsweise angewendet.

§. 84.

Dammgrube, Trockenkammer, Gießerei-Krahn.

Bevor wir die zweite Hauptoperation der Gießereien, nämlich die Formerei verlassen, um uns zur Gießerei zu wenden, ist es noch nöthig einige Anordnungen hier zu erörtern, welche für die Formerei unentbehrlich sind. Wir meinen die Dammgruben, die Trockenkammern und die Krahne.

Dammgruben.

Der Zweck der Dammgruben ist schon oben (S. 478) angegeben worden. In kleinern Gießereien hat man nur an einer Stelle der Hüttensohle einen etwas aufgelockerten Boden, in welchem sich leicht die Form eingraben läßt.

Wo aber das Bedürfniß, die Formen in die Herdsohle zu versenken, häufig eintritt, pflegt man eine Grube mit festen Wänden und auch wohl mit festem

Boden zu haben. Diese Grube, die Dammgrube, ist entweder durch ringsum eingerammte Spundwände oder durch Mauerwerk abgeschlossen, und wird, wenn sie nicht gebraucht wird, mit Brettern oder mit eisernen Platten überdeckt; sie liegt übrigens stets möglichst nahe dem Ofen, in welchem das zu gießende Metall geschmolzen wird.

Hat man häufig sehr große Gußstücke (Cylinder von 10 Fuß Durchmesser und entsprechender Höhe) zu gießen, so legt man zweckmäßiger Weise die Dammgrube ganz außerhalb der eigentlichen Hütte an, und stellt neben dieselbe einen besondern Schmelzofen (Flammofen oder Kupolofen). Ein Beispiel der Art liefert die Anordnung auf Taf. XVIII., welche eine große Dammgrube mit daranstehendem Kupolofen zeigt. Die Einrichtung befindet sich in einer der bedeutendsten Maschinenfabriken in Berlin, in welcher namentlich sehr große Gebläsemaschinen und Dampfmaschinen gearbeitet werden.

Die auf Taf. XVIII. in Fig. 1 gezeichnete Dammgrube liegt außerhalb der eigentlichen Gießerei, und neben derselben befindet sich im Freien der in Fig. 2 gezeichnete Kupolofen. Fig. 1^a ist ein Querschnitt nach der Diagonale des quadratischen Gebäudes, Fig. 1^b ist eine Ansicht des eisernen Ueberbaues und Fig. 1^c ein Grundriß; sämmtliche Figuren sind in $1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Erbauung der Dammgrube bot wegen des in geringer Tiefe Wasser haltenden Terrains gewisse Schwierigkeiten dar, welche auf folgende Weise überwunden worden sind. Zuerst senkte man nach der gewöhnlichen Methode der Brunnenmacher einen gemauerten cylindrischen Brunnenkessel A A, dessen innerer Durchmesser $16\,1/_2$ Fuß betrug; dieser Brunnenkessel wurde durch das Grundwasser mit Wasser gefüllt, und in dieses Wasser wurde ein aus Kesselblechen zusammengenieteter Behälter oder Kasten B B hineingesenkt, welcher auf dem Wasser geschwommen hätte, wenn er nicht am Boden mit einer Oeffnung versehen gewesen wäre, durch welche das Wasser eindringen und ihn füllen konnte. Sobald der Kasten die richtige Lage hatte, wurde das Wasser ausgepumpt und zwar so geschwinde, daß das Grundwasser nicht in gleichem Maaße nachfolgen konnte, die Oeffnung am Boden des Kastens wurde geschlossen, der Kasten von Innen mit der Ausmauerung C C versehen und von Außen mit Lehm hinterstampft.

Die Dammgrube ist so gezeichnet, als ob eben der Mantel eines Gebläse-Cylinders darin geformt würde, der Kern wird außerhalb der Dammgrube geformt und gehörig getrocknet hineingestellt, ohne daß ein Hemd gemacht wird. (S. §. 83.) Um den Mantel abzudrehen, dient die Schablone D, welche mittelst der beiden Arme a und a′ an der stehenden Welle E befestigt ist. Das untere Lager dieser stehenden Welle ist auf dem Boden der Dammgrube befestigt, das obere Lager dagegen wird von einem Gerüst getragen, welches aus zwei Längenträgern F F′ und zwei darüber gelegten Querbalken G G′ besteht, die sämmtlich aus Eisenbahnschienen construirt sind. Beim Einsetzen des Kerns, beim Herausnehmen des fertigen Gußstückes u. s. w. wird das Gerüst F G entfernt. Um die bei dergleichen Arbeiten erforderliche Bewältigung schwerer Massen zu bewirken, ist unmittelbar über der Dammgrube eine Windevorrichtung.

Zur Aufstellung und Unterstützung derselben dient der ganz aus Eisen con-

struirte Ueberbau. Die vier Ecken des letztern sind durch je zwei übereinander stehende Säulen H H′ gebildet, welche das Dach tragen; zwischen den Säulen sind aus schwachen Schienen rautenförmige Verstrebungen gebildet, welche mit Eisenblechtafeln bekleidet sind. Die Dachsparren tragen den festen Kloben eines Flaschenzuges K, während der lose Kloben K′ mit einem Querarm L versehen ist, nach der bei Gießereikrahnen üblichen Construction; die Windevorrichtung M steht in einer Ecke des Ueberbaues, welcher an einer der Seiten bei N mit einer kleinen Erweiterung, die als Putzkammer dient, versehen ist. Die ganze Construction zeichnet sich durch Einfachheit und Solidität aus.

Der zu dieser Dammgrube gehörige Kupolofen soll weiter unten beschrieben werden.

Trockenkammer.

Die in Masse oder in Lehm hergestellten Formen oder deren Theile (Kerne u. s. w.) müssen getrocknet und zuweilen sogar gebrannt werden.

Man pflegt diese Operationen mittelst Heizung zu bewirken, da das Austrocknen an der Luft theils ungenügend sein, theils auch zu langsam von statten gehen würde. Große Gegenstände, wenn sie selten vorkommen, trocknet man über einem offenen Holzkohlen- oder Holzfeuer; Mäntel und Formen, welche unmittelbar in der Dammgrube dargestellt werden, pflegt man auch an Ort und Stelle durch glühende Kokes u. s. w. zu trocknen; andere Gegenstände, namentlich oft wiederkehrende Formen und kleinere Körper, trocknet man in besondern abgeschlossenen, massiven und mit einer Feuerung versehenen Räumen, welche, wenn die Temperatur, bei welcher getrocknet wird, nur mäßig ist, Trockenkammern, wenn dagegen die Temperatur höher ist, Darrkammern, und bei noch höherer Temperatur Brennherde oder Brennstuben heißen.

Die Größe, Construction und Anzahl der Trockenkammern ist natürlich abhängig von dem Umfange, in welchem in einer Gießerei Masseformerei und Lehmformerei betrieben wird; gewöhnlich sind diese Kammern 12 bis 18 Fuß lang, 6 bis 12 Fuß breit und wenigstens 6 Fuß hoch. Je niedriger die Trockenkammern sein können, desto weniger Wärme geht beim Trocknen der Formen verloren.

Die Trockenkammern liegen gewöhnlich so, daß sie von dem Innern der Formerwerkstätten zugänglich sind, und die Sohle beider liegt gleich hoch, zuweilen führen eiserne Schienen aus der Formerei nach den Trockenkammern, um größere Formen auf Rollwagen, die auf den Schienen laufen, hinein- und herauszuschaffen.

Nach der Formerei hin ist der Eingang zu der Trockenkammer durch eine Schiebe- oder Flügelthür von Gußeisen oder von Schmiedeeisen abgeschlossen, welche, wenn die Trockenkammer geheizt wird, mit Lehm verschmiert und gedichtet wird. Zum Aufstellen kleinerer Formen und Kerne sind an den Wänden der Trockenkammer Gerüste und Ständer angebracht; zuweilen und wo sich, wie z. B. bei der Gießerei von Hohlgeschossen, ein und dieselbe Form des Kerns sehr häufig wiederholt, hat man auch besondere eiserne Schränke, deren Dimensionen und Einrichtung den zu trocknenden Kernen entsprechen, und welche für sich geheizt werden können.

In den meisten Fällen geschieht die Heizung der Trockenkammern durch Kokes, welche auf Rosten, die neben der Trockenkammer liegen, verbrannt werden; die heiße Luft cirkulirt durch die Trockenkammer und entweicht mit den gebildeten Wasserdämpfen durch Abzugskanäle. Anstatt dieser Einrichtung hat man auch wohl eiserne Oefen, oder auch Oefen aus Ziegelsteinen, welche von Außen her geheizt werden können, und durch welche die Trockenkammer in einfacher Weise wie jedes Zimmer erwärmt werden kann. Man hat übrigens auch die Flamme der Kupolöfen und der Flammöfen zum Heizen der Trockenkammern benutzt, entweder direct, oder indem man ein System von Heizröhren anlegte und die Trockenkammer mit erhitzter Luft erwärmte, da jedoch in den meisten Gießereien die Schmelzöfen nicht dauernd betrieben werden, sondern gewöhnlich nur während einiger Stunden des Tages, so gewährt dies System nicht besondere Vortheile.

Aus dem Grundriß der Gießerei auf Taf. XXV. ist die Anordnung der Trockenkammer ersichtlich.

Wie lange ein Formstück zur gehörigen Austrocknung bedarf, ist kaum allgemein zu bestimmen; es ist dies, sowie der Aufwand an Brennmaterial sehr wesentlich von der Art der Größe und der Beschaffenheit des zu trocknenden Stückes, von der Construction der Trockenkammer, von dem Temperaturgrade der Heizung, von dem Grade der verlangten Austrocknung, sodann auch von der Beschaffenheit der Atmosphäre und von der Lufttemperatur abhängig.

Gießerei-Krahne.

Zum Heben und Bewegen der leeren und der gefüllten Formkasten, sowie zum Abheben, Umdrehen und Zulegen der schwereren Oberkasten, ferner zum Heben und Transportiren der schweren Pfannen mit geschmolzenem Metall, und endlich zur Bewältigung der fertigen Gußstücke sind in einer größern Gießerei mechanische Hebevorrichtungen nöthig, welche entweder in Winden oder in Krahnen bestehen. Taf. XVIII. Fig. 1ª giebt ein Beispiel einer einfachen Winde für eine große Dammgrube. Man kann mit derselben bedeutende Lasten heben, jedoch ist die Möglichkeit der Seitenbewegung derselben nur eine beschränkte; man hebt die Last in die Höhe, wenn sie aus der Dammgrube geschafft werden soll, baut das Gerüst F F′ unter die Last, setzt diese auf dem Gerüst ab und schafft sie dann zur Seite. Umgekehrt verfährt man wenn man eine Last, z. B. einen Kern in die Dammgrube hinabsenken will.

In den Räumen dagegen, in welchen Gegenstände mancherlei Art geformt werden, muß man Windevorrichtungen haben, welche so beschaffen sind, daß man jeden Punkt jener Räume mit denselben erreichen kann. Man wendet für diesen Zweck gewöhnlich ein System drehbarer Krahne an, die so gestellt sind, daß der Arm des einen Krahnes von dem Arm des nebenstehenden Krahnes erreicht werden kann, daß also die Krahne sich gegenseitig die Last zureichen können, und welche ferner so angeordnet sind, daß die Last, welche an dem Krahnarm hängt, nicht nur mit demselben im Kreise herumgedreht werden, sondern auch längs des Krahnenarms verschoben werden kann.

Um dies zu bewirken, trägt der Krahnarm auf seiner obern Fläche einen kleinen Rollwagen, die Katze oder der Frosch genannt, an welchem die Rolle für die Last hängt, und welche entweder durch eine Kette, die sich über eine Trommel wickelt, oder durch eine Zahnstange mit eingreifendem Getriebe oder mittelst einer Schraube mit Mutter oder mittelst einer Schraube ohne Ende und Schraubenrad, oder sonst durch irgend einen passenden Mechanismus auf der Bahn hin und her bewegt werden kann.

Die Krahne sind entweder aus Holz oder aus Eisen, der Bewegungsmechanismus ist jedoch stets aus Eisen; hölzerne Krahne sind im Allgemeinen wegen ihrer größern Elasticität vorzuziehen, da der Bruch bei Holz niemals so plötzlich erfolgt, als beim Gußeisen.

Die Krahnsäule der Gießerei-Krahne bewegt sich gewöhnlich um zwei Zapfen, einen untern Spurzapfen, welcher gehörig fundamentirt sein muß, und einen obern Zapfen, welcher entweder in dem Dachgebälk des Hüttengebäudes oder in einer Seitenwand seine Unterstützung findet. Im ersten Falle muß man durch gehörige Verankerungen die Belastung des obern Zapfens von dem Dachgebälk in solider Weise auf die Umfassungsmauer zu übertragen suchen.

Taf. XXIV. Fig. 1 zeigt die Construction eines Gießerei-Krahnes, wie solche in einer der größten Eisengießereien in Berlin in Anwendung sich befindet. Fig. 1ᵃ ist die Seitenansicht, Fig. 1ᵇ die Vorderansicht im Durchschnitt nach der Linie a b in Fig. 1ᵃ, Fig. 1ᶜ die obere Ansicht, Fig. 1ᵈ die Ansicht des Rahmens für die Katze, Fig. 1ᵉ der Durchschnitt durch die hintere Axe der Katze nach der Linie c d in Fig. c, sämmtliche Figuren in $\frac{1}{36}$ der natürlichen Größe. Fig. 1ᶠ endlich ist eine Skizze, welche die Aufstellung des Krahnes in einem Gießereigebäude anschaulich macht.

Die Tragfähigkeit des Krahnes ist 150 Centner. Die Last hängt an einem aus drei Rollen bestehenden Kloben, die Kette, deren Glieder $\frac{5}{8}$ Zoll stark sind, ist an dem Querriegel a befestigt, geht dann über die demselben zunächstliegende Rolle der Katze, sodann über die erste Rolle des Klobens, dann über die zweite Rolle der Katze, hierauf über die zweite Rolle des Klobens, über die dritte Rolle der Katze, darauf über die dritte Rolle des Klobens und zuletzt über die vierte Rolle der Katze. Damit sich der Kloben in die Ebene des Krahns einrichte, sind die beiden mittlern Rollen der Katze, die zweite und dritte, schräge gestellt. Das Arbeitsende der Kette geht schließlich durch eine Durchbohrung der Krahnsäule über eine an dieser befindliche Rolle nach der Windetrommel. An der Windetrommel ist das Sperrrad angegossen, auf der Welle derselben sitzt ein Zahnrad mit 66 Zähnen und $1\frac{3}{4}$ Zoll Theilung, dieses wird bewegt durch ein Getriebe mit 12 Zähnen, welches auf der Vorgelegewelle sitzt, auf der sich auch ein Vorgelegerad mit 77 Zähnen und $1\frac{1}{2}$ Theilung befindet, das wiederum von dem Getriebe auf der Kurbelwelle von 8 Zähnen bewegt wird. Da nun der Halbmesser der Windetrommel 10 Zoll und der Halbmesser der Kurbel 16 Zoll beträgt, so ist das Umsetzungs-Verhältniß zwischen

$$\frac{\text{der Spannung der Kette}}{\text{zum Druck an der Kurbel}} = \frac{66 \,.\, 77 \,.\, 16}{12 \,.\, 8 \,.\, 10} = \frac{84{,}7}{1} .$$

und wenn man die Last = 150 Ctr. = 16500 Pfund
annimmt, dazu noch für die schädlichen
Widerstände etwa $^1/_5$ mit . . . . . 3300 „
hinzugerechnet, also einen Gesammtwiderstand = ... 19800 Pfund
rechnet, so würde man, da man drei lose Rollen hat, $^1/_6$ dieses Widerstandes, nämlich 3300 Pfund als Spannung der Ketten haben, und folglich den Druck an der Kurbel gleich $\frac{3300}{84,7}$ = circa 40 Pfund erhalten; es können also zwei Arbeiter an der Kurbel die Last von 150 Ctr. heben. Für geringere Lasten schiebt man die Kurbelwelle zur Seite und rückt ein Getriebe mit 8 Zähnen und $1^3/_4$ Theilung, welches auf der Kurbelwelle angebracht ist, unmittelbar in das Rad auf der Windetrommelwelle, während das andere Getriebe auf der Kurbelwelle außer Eingriff des Rades auf der Vorlegewelle gebracht wird. Man hat dann nur die Umsetzungs-Verhältnisse zwischen

$$\frac{\text{der Spannung der Kette}}{\text{zum Druck an der Kurbel}} = \frac{66 . 16}{8 . 10} = \frac{13,2}{1}$$

oder etwa $\frac{1}{6,41}$ des frühern Umsetzungs-Verhältnisses, und man wird daher auch nur etwa 23,4 Centner oder $\frac{1}{6,41}$ der frühern Last mit derselben Kraftäußerung an der Kurbelwelle heben können. Die Fortbewegung der Katze erfolgt mittelst der beiden Zahnstangen, die an dem Rahmen der Katze befestigt sind, und welche durch zwei Getriebe auf der Welle s bewegt werden, während die Welle s mittelst konischer Räder und mit Hilfe einer geneigten Welle durch eine Kurbel von unten her gedreht werden kann.

Die Aufstellung des Krahns, welche durch die Skizze Fig. 1r angedeutet ist, erfolgt in folgender Weise:

Die 8 Gratsparren g g stoßen gegen die 8 Seiten des achteckigen eisernen Spannringes l; die Gratsparren werden unterstützt durch 8 Streben t t, welche sich in Schuhe des gußeisernen Kastens k einsetzen. Dieser Kasten ist durch vertikale Hängebolzen v v an dem Spannriegel l aufgehängt und mittelst 8 horizontaler Spannstangen mit den Enden der Gratsparren verbunden; derselbe trägt das Lager für den obern Zapfen der Krahnsäule.

§. 85.

Schmelzöfen im Allgemeinen. — Tiegelöfen.

Die dritte Hauptoperation der Gießerei ist nach §. 77. das Schmelzen der zu gießenden Metalle.

Der Schmelzprozeß wird in Oefen vorgenommen, welche nach der Art des zu schmelzenden Metalls, nach der Menge, welche geschmolzen werden soll, und nach der verlangten Beschaffenheit der Gußwaaren, welche erzielt werden

sollen, verschiedene Einrichtungen haben. Im Allgemeinen unterscheidet man für den Zweck des Schmelzens der Metalle drei verschiedene Arten von Oefen.

1) Tiegelöfen;
2) Schachtöfen;
3) Flammöfen.

Für das Schmelzen des Roheisens wendet man alle drei Arten von Oefen an, zum Schmelzen des Messings vorzugsweise nur Tiegelöfen, zum Schmelzen der Bronze sowohl Tiegelöfen als Flammöfen, überhaupt ist zu bemerken, daß das Schmelzen in Tiegelöfen immer da stattfinden muß, wo man eine unmittelbare Berührung des Metalls mit dem Brennmaterial oder mit der heißen Luft zu vermeiden hat, daß bei dem Schmelzproceß in Flammöfen stets die heiße Luft und die Flamme mit dem zu schmelzenden Metall in unmittelbare Berührung kommt, und endlich, daß bei dem Schmelzen in Schachtöfen nicht nur die heiße Luft, sondern auch das Brennmaterial in die innigste Berührung mit dem zu schmelzenden Metall kommt. Es ist daher das Schmelzen in Schachtöfen für Gegenstände des Maschinenbaues fast nur für Gußeisen im Gebrauch.

Das Schmelzen in Tiegelöfen eignet sich nur für die Verarbeitung kleinerer Quantitäten Metall, es wird daher in der Eisengießerei nur in sehr untergeordneter Weise angewandt, allenfalls für feinere Eisengußsachen, die als Verzierungen, oder als Bijouterien dienen sollen, dagegen finden die Tiegelöfen in der Messinggießerei und namentlich auch für die Fabrikation des Gußstahls die ausgedehnteste Anwendung.

Wir haben bereits in §. 37. über das Schmelzen des Gußstahls in Tiegelöfen gesprochen, und es bleibt hier nur noch Einiges über das Schmelzen des Messings und des Gußeisens in Tiegelöfen hinzuzufügen.

Die Tiegel, welche für den letztgenannten Zweck in Anwendung kommen, brauchen nicht von der außerordentlichen Feuerbeständigkeit zu sein, wie die Schmelztiegel für Gußstahl. Man macht sie entweder aus einem guten feuerfesten Thon, wie die hessischen Schmelztiegel, oder es sind Kohlentiegel aus Graphit (Ipser-Tiegel). Man benennt sie gewöhnlich in Bezug auf ihre Größe nach der Gewichtsmenge an Metall, welche sie fassen können, z. B. „Zwanzigmärker" „Dreißigmärker" u. s. w., wenn sie 20 oder 30 Mark, das sind 10 oder 15 preußische Pfund, Metall fassen können. Die größten Tiegel, welche man anzuwenden pflegt, sind „Hundertmärker."

Die Einrichtung der Tiegel für Messing- und Eisenschmelzerei gestattet mancherlei Abweichungen. Entweder ordnet man die Ofen so an, daß die Tiegel auf einem Roste, der von Eisen oder auch von feuerfesten Steinen construirt ist, auf etwa 3 bis 4 Zoll hohen Unterlagen stehen und ringsum von dem Brennmaterial umgeben sind, welches durch den natürlichen Luftzug eines Schornsteins, seltener durch ein Gebläse in Brand erhalten wird, oder man stellt die Tiegel in einem überwölbten Raume auf, und ordnet den Rost, auf welchem die Verbrennung erfolgt, außerhalb dieses Raumes an; die Flamme umspielt dann die Tiegel, nachdem sie über eine Feuerbrücke in den überwölbten Raum

eingetreten ist, und steigt sodann entweder aufwärts oder abwärts durch eine Oeffnung im Gewölbe, oder in der Sohle des Herdes nach dem Schornstein. Man stellt 3 bis 9 Tiegel in ein und denselben Raum.

Taf. XXI. Fig. 5 zeigt die Einrichtung eines Tiegelofens in der Metallgießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin, welcher zur Aufnahme zweier großen Schmelztiegel zum Bronzeschmelzen bestimmt ist, Fig. 5ᵃ ist die obere Ansicht, Fig. 5ᵇ die Ansicht von vorne, Fig. 5ᶜ die Ansicht von der Seite rechts im Grundriß und Fig. 5ᵈ ein Vertikalschnitt; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Ofen könnte ohne weitere Veränderung auch zum Schmelzen von Roheisen benutzt werden. Die Construction zeigt eigentlich zwei im Gebrauch von einander unabhängige Oefen, welche nur in eine Ummauerung vereinigt sind. Jeder Ofen nimmt für gewöhnlich nur einen großen Schmelztiegel auf, welcher über den kreisförmigen Rost des Ofens auf Unterlagen gestellt und mit Kokes umgeben wird, man verschließt die obere Oeffnung des Ofens, welche zur Einsetzung des Schmelztiegels und zum Eintragen des Brennmaterials dient, mit einem Deckel, wie bei y gezeichnet, und dann zieht die Luft durch das Gitter z, welches den Aschenfall z′ bedeckt, durch den Rost, und das Brennmaterial nach dem Fuchs x in den Schornstein bei x′. Der Deckel y ist mit Handhaben versehen und besteht aus zwei Theilen; er wird mittelst eines einfachen Hebels, der an dem Ofen aufgehängt ist, regiert. Wenn der Inhalt des Tiegels geschmolzen ist, so hebt man mittelst des eben genannten Hebels, an welchen man Zangen anhängt, den Tiegel aus dem Ofen und kann hierauf das Feuer in den Aschenfall stürzen, indem man die Roststäbe mit einem Haken mittelst den hervorstehenden Oesen (s. Fig. 5ᵃ links) herauszieht. Der Ofen rechts ist so eingerichtet, daß man den geschmolzenen Inhalt des Tiegels aus diesem abziehen kann, ohne den Tiegel herauszuheben.

Es ist nämlich in der Seitenwand ein Abstichkanal ausgespart; der Tiegel wird vor dem Einsetzen an einer Seitenwand oder am Boden ausgeschnitten und ein Verbindungsweg zwischen dieser Oeffnung und dem Abstichkanal aus Chamottmasse hergestellt, welcher während des Schmelzprozesses mittelst eines Thonpfropfens verschlossen ist. Auf diese Weise verwandelt man den Schmelztiegel in eine Art Schachtofen, denn nach dem Abstich der geschmolzenen Masse kann man wieder den Tiegel von oben neu besetzen, und im Schmelzen kontinuirlich fortfahren.

Während des Schmelzverfahrens in Tiegelöfen bedeckt man die Oberfläche des zu schmelzenden Metalls mit zerstoßenen Scherben von alten Schmelztiegeln, auch mit Kohlenpulver, um den Zutritt der Luft möglichst zu verhindern. Dennoch ist beim Schmelzen des Roheisens ein Verlust durch Verschlackung, und beim Schmelzen der Bronze ein Verlust durch Abbrand nicht zu vermeiden; er beträgt in beiden Fällen 5 bis 15 Procent.

Als Feuerungs-Material bedient man sich für die Tiegelschmelzerei nur der Holzkohlen oder der Kokes. Nach Angabe von Karsten kann man rechnen für das Eisenschmelzen in Tiegeln auf 100 preuß. Pfund Roheisen 80 bis 100 preuß. Kubikfuß Holzkohlen, oder 10 bis 15 Kubikfuß Kokes. Genau läßt sich der Verbrauch nicht bestimmen, da nach den Bemerkungen Karsten's zu

einem Schmelzen fast gleiche Quantitäten Kohlen oder Kokes erforderlich sind, man mag größere oder kleinere Tiegel anwenden, und diese mehr oder weniger füllen.

§. 86.

Schmelzen des Eisens in Schachtöfen. — Construction der Kupolöfen.

Das Schmelzen in Schachtöfen ist im Maschinenbau fast ausschließlich für das Schmelzen des Roheisens in Gebrauch (§. 85.), findet aber hier die ausgedehnteste Anwendung. Die Hohöfen, welche zur Gewinnung des Roheisens aus den Erzen dienen, gehören in die Kategorie der Schachtöfen, und da das Roheisen in denselben in geschmolzenem Zustande dargestellt wird, so kann man in vielen Fällen unmittelbar dieses erste Produkt benutzen, um es behufs Darstellung von Gußwaaren in Formen zu gießen. Man nennt dieses Verfahren: „Gießereibetrieb aus dem Hohofen."

Der Hohofen ist für diesen Zweck anstatt mit einer gewöhnlichen Abstichöffnung, mit einem Vorherd versehen, aus welchem das geschmolzene Eisen ausgeschöpft werden kann.

Der Gießereibetrieb aus dem Hohofen ist zwar der billigste und einfachste, indessen kann derselbe nicht überall Anwendung finden, theils weil nicht jede Maschinenfabrik, welche nach Bedürfniß ihre Gußwaaren schnell herstellen muß, einen Hohofen in unmittelbarer Nähe und zur beliebigen Disposition hat, theils weil ein im gehörigen Gange befindlicher Hohofen im Allgemeinen nur eine bestimmte Sorte Eisen liefert, während man zu verschiedenen Gußwaaren je nach deren Bestimmung verschiedener Sorten Eisen bedarf, man könnte also die passende Eisensorte entweder gar nicht, oder nur durch Aenderung des Ganges des Hohofens erhalten, endlich aber reicht der Gießereibetrieb aus dem Hohofen auch dann nicht aus, wenn man zu gewissen Zeiten mehr, zu andern Zeiten weniger geschmolzenes Eisen braucht, als der Hohofen eben liefert. Aus allen diesen Gründen ist man bei der Anfertigung von gußeisernen Maschinentheilen vorzugsweise darauf angewiesen, das bereits im Hohofen erzeugte fertige Roheisen, welches als Gänze oder Flossen (siehe §. 12. S. 61) in den Handel kommt, dem Umschmelzverfahren zu unterwerfen.

Die Schachtöfen, deren man sich zum Umschmelzen des Roheisens bedient, heißen Kupolöfen, auch Küppelöfen. Das Roheisen, welches zum Umschmelzen in Kupolöfen verwandt wird, muß bei einem guten garen Gange des Hohofens erblasen sein, am besten eignet sich das graue Roheisen, welches in Hohöfen mit hohen und engen Obergestellen, also unter einem angemessenen Druck und aus nicht zu leichtflüssigen Beschickungen erblasen ist. Dieses Roheisen besitzt namentlich eine gewisse Weichheit, die es zu den meisten Gußstücken, die einer weitern Bearbeitung unterliegen, geeignet macht. Uebrigens wird in den meisten Fällen nicht eine Sorte Roheisen in dem Kupolofen allein verschmolzen, sondern man setzt die Eisengichten, welche aufgegeben werden, aus verschiedenen Sorten, namentlich aus grauem, weißem, halbirtem Roheisen und aus Brucheisen von alten Gußeisenstücken zusammen, um diejenige Beschaffenheit des Eisens zu

erzielen, welche die Gußwaaren verlangen. Hierin besteht eine Hauptgeschicklichkeit des Schmelzers, welcher in der Regel nach dem richtigen praktischen Gefühl die Auswahl des Eisens beurtheilt (vergl. §. 88).

Ueber die Verbesserung des Gußeisens durch wiederholtes Umschmelzen, sowie über den Einfluß des Zusatzes von Schmiedeeisenspähnen im Kupolofen, verweisen wir hier auf das in §. 35. Gesagte.

Da das Roheisen, welches zum Umschmelzbetrieb verwandt wird, in den meisten Fällen noch mit mancherlei andern Bestandtheilen, namentlich mit Kieselerde u. s. w., vermischt ist, so wendet man häufig auch noch im Kupolofen Zuschläge, wenn auch in viel geringerer Menge (3 bis 4 Procent) als beim Hohofenbetrieb, an (§. 13. S. 65); in der Regel ist es auch hier kohlensaurer Kalk, der sowohl als Flußmittel, als auch als Reinigungsmittel für das zu schmelzende Roheisen dient.

Das in den Kupolöfen angewandte Brennmaterial besteht jetzt fast ausschließlich in Kokes von nicht zu schwerem und dichtem Gefüge; früher wandte man häufiger Holzkohlen an, doch ist der Betrieb mit Holzkohlen viel theurer, ohne sonderliche Vortheile zu gewähren. Steinkohlen eignen sich wegen ihres Schwefelgehaltes und da sie selbst unter Einwirkung des Gebläses mit Rauch verbrennen würden, nicht zur Anwendung in Kupolöfen, wohl aber hat man gelungene Versuche mit der Anwendung von Anthracit für den Umschmelzbetrieb in Kupolöfen angestellt.

Wind- und Kokes-Verbrauch der Kupolöfen.

Die erforderliche Luftmenge wird den Kupolöfen durch Gebläse zugeführt und zwar benutzt man gegenwärtig fast allgemein das Ventilatorgebläse.

Der Bedarf an Luft richtet sich offenbar nach der Dimension und Construction des Ofens, nach der Art des Brennmaterials und nach der Beschaffenheit des Eisens, welches man zu schmelzen hat. Von allen diesen Umständen ist auch die Menge des Brennmaterials abhängig, welche man zum Kupolofenbetriebe braucht und welche zwischen 10 und 50 Pfund Kokes pro 100 Pfund Eisen variirt.

Als ungefähren Anhalt kann man etwa folgende Angaben gelten lassen:

Eingesetztes Roheisen.	Producirtes geschmolzenes Eisen.	Verbrauch an guten Kokes.	Luftmenge, die der Ventilator liefern muß für Kokesbetrieb.
100 Pfd.	85 bis 90 Pfd.	24 Pfund	3600 Kubikfuß
110 bis 118 Pfd.	100 Pfd.	26 bis 28 Pfd.	4800 bis 5300 Kubikfuß

Die Luftmenge ist bei 1 Atmosphäre Spannung und bei 0 Grad gemessen.

Die Spannung des Windes in den Ventilatoren, welche zum Betrieb der Kupolöfen verwandt werden, beträgt jetzt etwa 7 bis 9 Zoll Wassersäule; früher arbeitete man in niedrigen Oefen und bei leichtem Brennmaterial nur mit Spannungen von 3 bis 5 Zoll Wassersäule. Nimmt man die Berechnungsmethode für die Ventilatorgebläse, welche wir oben (§. 60. S. 355) aufgestellt haben, als maaßgebend an, so würde für jede 100 Pfund Eisen,

welche ein Kupolofen in einer Stunde geschmolzen liefern soll, erforderlich sein im Durchschnitt eine Windmenge von 5000 Kubikfuß pro Stunde, oder von 1,4 Kubikfuß pro Secunde.

Da nun nach der Tabelle auf S. 360 jeder Quadratzoll Düsenöffnung liefert:

bei 2,91	Zoll	Wassersäule	0,70	Kubikfuß
" 4,19	"	"	0,84	"
" 5,67	"	"	0,98	"
" 7,36	"	"	1,12	"
" 9,28	"	"	1,26	"

so würde man bedürfen: für jede 100 Pfund Eisen, welche ein Kupolofen in der Stunde in geschmolzenem Zustande liefern soll, bei einer Spannung von:

2,91	Zoll	Wassersäule	2,00	□Zoll Düsenöffnung
4,19	"	"	$1^{2}/_{3}$	" "
5,67	"	"	1,43	" "
7,36	"	"	1,25	" "
9,28	"	"	$1^{1}/_{9}$	" "

oder es würde jeder Quadratzoll Düsenquerschnitt stündlich an geschmolzenem Eisen liefern können bei einer Windspannung von:

2,91	Zoll	Wassersäule	50	Pfund
4,19	"	"	60	"
5,67	"	"	70	"
7,36	"	"	80	"
9,28	"	"	90	"

Beispiel:

1) Wie viel geschmolzenes Eisen kann in einer Stunde ein Kupolofen liefern, welcher mit zwei Düsen à 7 Zoll Durchmesser und mit einer Windspannung von 8 Zoll Wassersäule arbeitet?

Nehmen wir bei 8 Zoll Wassersäule das Mittel zwischen 80 und 90 Pfund, also 85 Pfund pro □Zoll Düsen-Querschnitt, so erhält man bei zwei Düsen jede zu 38,5 □Zoll, oder zusammen bei 77 □Zoll Querschnitt stündlich eine geschmolzene Eisenmenge von 77 . 85 = 6545 Pfund, oder etwa 65 Centner.

2) Man will stündlich 20 Centner Eisen schmelzen bei einer Windpressung von 9,28 Zoll Wassersäule, wie viel Düsenquerschnitt gehört dazu?

Nach dem Obigen 20 . $1^{1}/_{9}$ □Zoll = 29,$^{1}/_{9}$ □Zoll oder eine Düse von 5,31 Zoll Durchmesser, oder zwei Düsen von $3^{3}/_{4}$ Zoll Durchmesser.

In dem letztgenannten Beispiel würde man nach den Regeln auf S. 361 haben: der Halbmesser des Ventilators = 4,8 . 4,7 = 22,56 Zoll, die Zahl der Umdrehungen pro Secunde $\frac{450}{22,56}$ = 20 oder pro Minute 1200. Die Betriebskraft = 0,416 . $22^{1}/_{9}$ = 9,2 Pferdekräfte. Wollte man dieselbe Eisenmenge nur bei einer Windspannung von 7,36 Zoll Wassersäule schmelzen, so würde man einen Düsenquerschnitt von 20 . $1^{1}/_{4}$ = 25 □Zoll, einen Halbmesser

der Flügel von 24 Zoll, eine Umdrehungszahl von $16^2/_3$ pro Secunde oder von 1000 in der Minute, und einen Kraftaufwand von 7,3 Pferdekräften erhalten.

Man hat vielfach auch die Erhitzung des Windes, welcher zum Betrieb der Kupolöfen dient, vor seinem Eintritt in den Ofen zur Anwendung zu bringen versucht, allein in neuerer Zeit ist der Betrieb der Kupolöfen mit erhitzter Luft fast ganz wieder aufgegeben worden. Unzweifelhaft gewährt die Anwendung erhitzter Gebläseluft Vortheile in Bezug auf Verbrauch an Brennmaterial, allein die entstehenden Uebelstände überwiegen in den meisten Fällen diese Vortheile. Zu jenen Uebelständen ist zu rechnen:

a) die außerordentliche Abnutzung des Kernfutters durch die sehr hohe Temperatur, welche selbst die besten Chamottesteine bald zum Fluß bringt;

b) das sehr schnelle Niederschmelzen und der dadurch bedingte schnelle Wechsel der Gichten; das Eisen kommt gewissermaßen unvorbereitet in den Schmelzraum des Ofens, und verliert hierdurch und durch den hitzigen Gang des Ofens oft seine gute Beschaffenheit, oder wenigstens läßt sich die Qualität des zu erzielenden Eisens nicht so gut aus der Mischung verschiedener Eisensorten bestimmen, als bei der Anwendung kalter Gebläseluft;

c) die Veränderung der Beschaffenheit des Roheisens, welche bei der hohen Temperatur leicht in einen halb gefrischten Zustand übergeht. Einige dieser Uebelstände würden sich allerdings durch Aenderung der Verhältnisse der Oefen beseitigen lassen.

Die Construction der Kupolöfen*) ist sehr einfach. Der Schacht des Ofens besteht im Aeußern entweder aus einzelnen Platten von Gußeisen, oder aus einem gegossenen eisernen Cylinder, bei hohen Kupolöfen setzt man den Mantel des Schachtes aus mehreren übereinander gestellten gußeisernen Cylindern zusammen. Die Wandstärke dieses gußeisernen Mantels beträgt $^3/_4$ bis $^5/_4$ Zoll. Der Ofen steht auf einem gemauerten Fundament, welches über die Hüttensohle 18 bis 24 Zoll hervorragt, und das man zweckmäßiger Weise mit Abzugsöffnungen für die Feuchtigkeit versehen kann. Auf diesem Fundament ruht gewöhnlich eine eiserne Bodenplatte, welche mit aufstehenden Rändern versehen ist, um die Seitenplatten oder die Cylinder festzuhalten. Diese Grundplatte ist entweder kreisförmig oder polyponal, je nachdem der Mantel des Ofens cylindrisch, oder aus einzelnen Platten zusammengesetzt ist. Auch oben an der Gicht werden die Platten oder die Cylinder, welche den Mantel des Ofens bilden, mittelst einer Deckplatte, welche noch den Zweck hat, den gemauerten Schacht beim Aufgeben der Gichten gegen Beschädigung zu schützen, zusammengehalten. Diese Deckplatte macht man am besten aus einzelnen Segmenten, um sie bei Reparaturen bequem abheben zu können.

In den äußern Mantel wird der eigentliche Kernschacht des Kupolofens aus feuerfesten Steinen eingemauert, doch so, daß wegen der Ausdehnung zwischen dem äußern Umfange der Mauerung und dem eisernen Mantel ein Spielraum bleibt, den man mit einem schlechten Leiter (Asche, Schutt u. s. w.) ausfüllt.

---

*) Vergl. Karsten Handbuch der Eisenhüttenkunde. III. Theil. §. 725.

Die Herdsohle über der Bodenplatte wird aus feuerfestem, mit reinem Quarzsande gemengtem Thon 6 bis 8 Zoll hoch so eingestampft, daß sie nach dem Punkt hin, wo der Abstich liegt, eine angemessene Neigung bekommt.

Die Oeffnung für den Abstich ist 12 Zoll breit und 15 Zoll hoch, weil der Boden des Ofens durch diese Oeffnung eingestampft, auch die Schlacke nach jedem Schmelzen ausgebrochen und der Ofen gereinigt werden muß. Während des Schmelzverfahrens ist die Oeffnung entweder vermauert, oder mittelst einer Platte, die mit Thon ausgeschlagen ist, verstellt. In der Mauerung oder in der Platte bleibt eine kreisförmige Oeffnung für den Abstich, welche demnächst mit einem Lehmpfropfen verstopft wird.

Der Kernschacht des Ofens wird auch zuweilen aus einer aus feuerfestem Thon und Quarzsand bestehenden und mit Hilfe eine Schablone eingestampften Masse gebildet.

Die Kupolöfen stehen in der Hütte immer unter einer Esse, welche die Funken abführen muß; sind zwei Kupolöfen vorhanden, so stellt man sie unter eine gemeinschaftliche Esse (Taf. XXV. Fig. 1[b]).

Bei dem Ausmauern oder bei dem Einstampfen des Schachtes, sowie bei der Anfertigung des eisernen Mantels muß man auf die Oeffnungen Rücksicht nehmen, durch welche die Luft dem Ofen zugeführt werden soll. Diese Oeffnungen nennt man die Formen oder Windformen des Ofens. Bei kleinern Oefen ist nur eine Form vorhanden, welche dann der Abstichöffnung gegenüber liegt (vergl. Taf. XIX. Fig. 4), bei Oefen von größerem Durchmesser legt man zwei Formen einander gegenüber (vergl. Taf. XIX. Fig. 3), doch so, daß die Windrichtungen sich nicht treffen, daß also die eine Form etwas höher liegt, als die andere, oder so, daß die eine von der andern etwas weniger, als um 180 Grad entfernt liegt. Bei noch größern Oefen legt man auch drei oder vier und mehr Formen in eine Reihe (vergl. Taf. XIX. Fig. 5).

Die Höhe der Formen von der Herdsohle des Ofens wird durch den Umstand bedingt:

1) daß unter der Form Platz genug bleibt, damit sich eine angemessene Quantität geschmolzenen Eisens vorräthig im Ofen ansammeln kann, und
2) daß die Form nicht so hoch liegt, daß das geschmolzene Eisen unter der Form sich zu stark abkühlt, oder daß dem Brennmaterial unter der Form überhaupt die Einwirkung der Gebläseluft ganz entzogen wird.

Bei starkem Gebläse und guten festen Kokes kann man die Form 20 bis 22 Zoll hoch legen, bei schwachem Gebläse und leichten Kohlen darf die Höhe nicht über 12 bis 15 Zoll betragen.

Um nun viel Eisen unter der Form fassen zu können, ohne durch zu hoch liegende Formen einen Mangel an Hitze in dem Sammelraum für das flüssige Roheisen herbeizuführen, hat man in den Kupolöfen jetzt fast allgemein die Einrichtung getroffen, die Formen in zwei oder mehreren Reihen über einander zu legen, wobei jede Reihe eine oder mehrere Formen (2 bis 3) enthalten kann (vergl. Taf. XVIII. Fig. 2, Taf. XIX. Fig. 1 und 2). Man kann auf diese Weise eine Höhe des Sammelraums von 30 bis 70 Zoll erhalten.

Gewöhnlich legt man bei dieser Anordnung die erste Reihe etwa 15 Zoll von der Herdsohle, und jede folgende Reihe von der vorhergehenden in einer Entfernung, welche für jede Form auf sich um $^3/_4$ Zoll vermindert. Man hat also:

Höhe der ersten Formreihe über der Herdsohle	15 Zoll								
„ „ zweiten „ „ „ „	29 $^1/_4$ Zoll	(über der	1.	Formreihe	14 $^1/_4$ Z.),
„ „ dritten „ „ „ „	42 $^3/_4$ „	„ „	2.	„	13 $^1/_2$ „
„ „ vierten „ „ „ „	55 $^1/_2$ „	„ „	3.	„	12 $^3/_4$ „
„ „ fünften „ „ „ „	67 $^1/_2$ „	„ „	4.	„	12 „

u. s. w.

Anstatt die Formen in einzelnen horizontalen Reihen zu gruppiren, hat man auch die Anordnung getroffen, die Formen so zu vertheilen, daß die Linie durch ihren Mittelpunkt eine um den Ofen laufende mehrgängige Spirallinie bildet; es liegt also jede folgende Form um einen gewissen Bogen in der Horizontalen und um eine gewisse Höhe in der Vertikalen von der vorhergehenden Form entfernt (vergl. Taf. XX.).

Die obern Formen werden anfangs mittelst eines Thonpfropfens verschlossen und man bläst durch die unterste Formreihe oder durch die unterste Form so lange, bis die geschmolzene Eisenmasse den Raum bis zu dieser anfüllt; hierauf schließt man die untersten Formöffnungen, nachdem man die Düsen herausgezogen hat, und öffnet die nächstfolgenden, in welche man die Düsen hineinsteckt und nun so fortfährt, bis die verlangte Eisenmenge in geschmolzenem Zustande vorhanden ist. Man hat hierdurch ein Mittel, in hinreichend weiten und hohen Kupolöfen Eisenmassen bis zu 200 Centner geschmolzen zu erhalten.

Die Formen sind gewöhnlich von Thon oder von Gußeisen; oft vertritt die Oeffnung im Mauerwerk des Kernschachtes die Stelle der Form, ohne daß man eine besondere Form einsetzt; die Düsen sind von Kupfer oder von Eisen und bekommen 3 $^1/_2$ bis 7 Zoll Durchmesser; ihre Weite bestimmt sich im Allgemeinen aus der Windmenge, welche zum Schmelzen nöthig ist (s. oben) und aus der Anzahl der Düsen.

Die Weite der Kernschachte in der Höhe der Formöffnungen beträgt bei einer Form und bei kleinen Oefen 18 bis 24 Zoll, bei mehr Formen in einer Reihe kann man den Durchmesser vergrößern und man hat große Kupolöfen von 3 bis 6 Fuß, ja bis zu 8 Fuß Durchmesser. Der Rauminhalt unter der ersten Formreihe beträgt hiernach:

bei den kleinsten Oefen circa 1 $^3/_4$ Kubikfuß = 800 Zollpfund Eisen (18 Zoll Durchmesser, 12 Zoll Formhöhe),

bei mittlern Oefen circa 4 Kubikfuß = 1900 Zollpfund (24 Zoll Durchmesser, 15 Zoll Formhöhe),

bei (nicht ungewöhnlich) großen Oefen circa 12 Kubikfuß = 5300 Zollpfund (36 Zoll Durchmesser, 20 Zoll Formhöhe).

Kupolöfen von noch größerem Durchmesser und von sehr beträchtlicher Haltungsfähigkeit (60, 90, 120, 150 bis 300 Centner) sind in dem folgenden Paragraphen beschrieben und auf Taf. XVIII., XIX., XX. und XXIV. dargestellt.

Die Höhe der Kernschachte der Kupolöfen variirt zwischen 5 bis 18 Fuß; sie richtet sich vorzugsweise nach der Art des zu schmelzenden Eisens und nach der

Art des Brennmaterials. Für Holzkohlenfeuerung wendet man Schachte von mindestens 15 Fuß Höhe an; für Kokesfeuerung sollte man nicht unter 6 bis 8 Fuß Höhe nehmen; im Allgemeinen ist eine Erhöhung des Schachtes für die vortheilhafte Verwerthung des Brennmaterials günstig.

Die innere Gestalt der Kernschachte der Kupolöfen hängt meist von den Ansichten des Schmelzers ab, und es läßt sich darüber kaum eine allgemein giltige Regel geben. Häufig ist die Gestalt cylindrisch, in der Regel bildet sie einen abgestumpften Kegel, der unten vier, sechs bis acht Zoll weiter ist, als oben (vergl. Taf. XVIII. Fig. 2, Taf. XIX. Fig. 1 bis 3 und Fig. 5); zuweilen dreht man den Kegel um und legt den größern Durchmesser nach oben (vgl. Taf. XXIV. Fig. 4). Auch pflegt man die Gestalt des innern Kernschachtes, namentlich in neuerer Zeit, so zu wählen, daß man in der Nähe der Form-Oeffnungen den Schacht verengt und ihn nach oben und nach unten hin weiter macht (vergl. Taf. XX.).

Förderung der Gichten für Kupolöfen.

Neben dem Kupolofen befindet sich auf der, dem Hüttenraum gegenüberstehenden, Seite der Schmelzraum, das ist derjenige Raum, von welchem aus das Brennmaterial und das zu schmelzende Eisen in die obere Mündung des Ofens eingetragen werden. Diese obere Mündung heißt wie bei den Hohöfen „die Gicht" des Ofens, ebenso nennt man die einzelnen Portionen, welche aufgegeben werden, „Gichten" und unterscheidet „Kohlengichten" und „Eisengichten." Da die Kupolöfen meist so hoch sind, daß man von der Herdsohle aus nicht bequem herauf langen kann, so legt man in angemessener Höhe eine Plattform „den Gichtboden" in dem Schmelzraum an, auf welchen entweder durch eine geneigte Ebene oder durch eine Windevorrichtung die aufzugebenden Materialien geschafft werden können.

Auf Taf. XXV. Fig. 4 ist eine solche Windevorrichtung zum Aufziehen der Beschickungen auf die Gicht des Kupolofens nach einer englischen Construction gezeichnet. Fig. 4^a ist ein Grundriß der ganzen Anordnung, Fig. 4^b ist ein Vertikalschnitt des gehobenen Windebodens und des Kupolofens; beide Figuren sind in $1/_{60}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Fig. 4^c zeigt in $1/_{36}$ der natürlichen Größe einen Detailquerschnitt der Windevorrichtung. A in Fig. 2 und 3 ist ein Dampfcylinder von 20 Zoll Durchmesser, in welchem sich mit leichter Liderung der Dampfkolben bewegt, dessen Hub 3 Fuß beträgt. Der Dampf tritt durch das schmiedeeiserne $1\,1/_2$zöllige Dampfrohr B ein, welches mittelst eines Drei-Wege-Hahns den Dampf nach Erfordern in den Cylinder eintreten oder aus demselben in die Atmosphäre entweichen läßt. Das Ausblaserohr besitzt einen zweiten Hahn, durch welchen man die Zeitdauer, welche der Dampf zum Ausblasen bedarf, und damit zugleich die Dauer des Niedersinkens des Windebodens reguliren kann. Der Cylinder ist unter den Fußboden des Schmelzraums versenkt, so daß seine obere Fläche im Niveau der Hüttensohle liegt; er ist außerdem mit schlechten Wärmeleitern umgeben. C C ist ein vierzölliges Wasserleitungsrohr von Gußeisen, welches vom Boden des Dampfcylinders nach dem Boden des Windecylinders D führt; seine ganze Länge

beträgt fast 120 Fuß. Die Höhe dieses Cylinders ist 12¾ Fuß, derselbe ist der ganzen Höhe nach auf 8 Zoll Durchmesser ausgebohrt und in einen gemauerten Brunnen versenkt, so daß die Oberkante des Windecylinders etwa 12 Zoll tiefer liegt, als die Hüttensohle. In dem Windecylinder bewegt sich der Kolben E, welcher mittelst Ledermanschetten in dem Cylinder gedichtet und mit einer Kolbenstange F versehen ist, die der Leichtigkeit wegen aus einem gußeisernen Rohre von 3½ Zoll Durchmesser und etwa ¼ Zoll Wandstärke besteht. Die Kolbenstange trägt am obern Ende den leicht construirten Windeboden von 4 Fuß im Quadrat, auf welchem der mit der Beschickung beladene Wagen oder Karren geschoben wird. Der Windeboden wird bei seiner aufwärts steigenden Bewegung zwischen den Schienen H geführt; und um den Stoß beim Niedersinken und Aufsteigen zu vermeiden, sind bei J J Kautschuk-Puffer angebracht, welche gegen die Stopfbuchse und den Cylinderdeckel anprellen können.

Um die Winde in Betrieb zu setzen, werden zuerst die Röhren C C C mit Wasser gefüllt, bis der Dampfkolben sich bis zum Deckel des Dampfcylinders erhebt, die Wasserzuführung geschieht durch ein ¾zölliges Speiserohr von Schmiedeeisen mittelst einer Druckpumpe, die von der Dampfmaschine, welche auch den Ventilator treibt, in Bewegung gesetzt wird. Da zwischen der Lederliderung des Kolbens im Windecylinder immer einiger Wasserverlust stattfindet, so ist der Rauminhalt des Dampfcylinders größer, als der des Windecylinders, und zwar der Sicherheit wegen in dem Verhältniß wie 2 : 1. Sobald der Wagen oder die Karre mit der Beschickung auf die Windeplatte gehoben worden ist, läßt man den Dampf über den Dampfkolben einströmen und die Hebung der Windeplatte beginnt. Während des ersten und auch während des zweiten Kolbenganges wird eine Menge des in den Cylinder einströmenden Dampfes condensirt und die Erhebung der Windeplatte findet nur langsam statt; nachdem aber der Cylinder und das Wasser allmählig angewärmt worden sind, welches nach einigen Kolbenhuben erfolgt ist, findet nur noch in äußerst geringem Grade Condensation statt. Die Winde erhebt sich auf 10 Fuß und vollendet diesen Weg in 20 Secunden, wenn sie mit 9 Centnern belastet ist; den Rückweg unbeladen macht sie in 30 Secunden. Die Umsteurung, das ist das Zulassen und Ablassen des Dampfes, wird durch den Maschinisten bewirkt, welcher durch die an der Winde beschäftigten Arbeiter das Signal dazu bekommt.

Die Winde war ursprünglich darauf berechnet 10 Centner zu heben, wobei die Dampfspannung zu 40 Pfund pro Quadratzoll angenommen war, was bei einem Kolbendurchmesser von 8 Zollen einen Gesammtdruck auf den Kolben von 18 Centnern beträgt (alle Maaße und Gewichte sind englisch); indessen können nur 9 Centner Bruttolast, oder da das Gewicht der Platte, der Kolbenstange und des Windekolbens zusammen 3 Centner beträgt, nur 6 Centner Nutzlast gefördert werden, das sind 30 % von dem wirkenden Dampfdruck.

Um die Nutzlast größer zu bekommen, wandte man Gegengewichte an, welche die Platte, die Kolbenstange und den Kolben balancirten; hierdurch konnte man die Nutzlast auf 7 bis 8 Centner bringen; indessen hat man das System wieder verlassen, da es sich herausstellte, daß nun der Kolben zu langsam niedersank und

man zu viel Zeitverlust erhielt. Jedenfalls würde es rathsam sein, wenn man eine Ausgleichung des Gewichtes der Platte u. s. w. anordnen will, mit der Rückseite der Kolbenfläche einen Condensator zu verbinden, um so durch Ansaugen des Dampfkolbens den Niedergang der Platte zu beschleunigen.

Der Kohlenverbrauch, welchen die Winde zu ihrem Betriebe bedarf, wird auf einen Mehrbedarf von 1 Centner pro Tag geschätzt, bei einem Dampfkessel, der ohne den Betrieb der Winde gewöhnlich nur 6 Centner pro Tag consumirt. Dieser Kohlenverbrauch reicht hin, um zwei Ladungen, jede für 100 Centner Gußeisen berechnet, zu fördern, welches Geschäft von zwei Arbeitern in zwei Stunden besorgt wird.

Während eines Betriebes von 18 Monaten hatte die Winde 100000 Centner 10 Fuß hoch gefördert, und nur einmal einer Reparatur, und zwar an der Ledermanschette des Winde-Cylinders bedurft.

Die Beschreibung des zu dieser Winde gehörigen Kupolofens folgt im nächsten Paragraphen.

§. 87.

Beschreibung einiger ausgeführten Kupolöfen.

Die in dem vorigen Paragraphen in allgemeinen Zügen gegebenen Constructionen, Dimensionen und Verhältnisse der Kupolöfen werden durch die auf den Tafeln XVIII., XIX., XX. und XXV. dargestellten Zeichnungen von Kupolöfen näher erläutert werden. Indem wir hier die Beschreibung derselben folgen lassen, ordnen wir die Reihenfolge derselben nach der Anordnung, wie sie auf den Tafeln erscheinen, welche nicht eine systematische, sondern eine mehr zufällige ist.

Taf. XVIII. Fig. 2 zeigt einen Kupolofen von größern Dimensionen aus einer der bedeutendsten Maschinenfabriken in Berlin. Fig. 2^a ist die Ansicht, Fig. 2^b der Querschnitt des Ofens in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe. Der Ofen steht im Freien, außerhalb des eigentlichen Gießereigebäudes, aber in unmittelbarer Nähe der auf derselben Tafel in Fig. 1 dargestellten und auf S. 481 beschriebenen Dammgrube, so daß das aus dem Kupolofen entnommene Gußeisen vorzugsweise zum Gießen der in der Dammgrube eingeformten Gußstücke bestimmt ist. Das Innere des Kupolofens bildet einen abgestumpften Kegel, der an der Sohle 4 Fuß 4 Zoll, an der Gicht 3 Fuß 2 Zoll im Durchmesser hält und 8 Fuß hoch ist. Die Düsen liegen in vier Reihen, jede zwei Formen enthaltend, übereinander, die vertikale Entfernung zweier übereinander liegenden Düsenöffnungen ist 15 Zoll.

Der Ofen faßt in dem Raum unter der obersten Düsenreihe gegen 300 Centner geschmolzenen Eisens. Die Zuführung des Windes geschieht durch eine unterirdische Windleitung, aus welcher die Standröhren A und A′ emporsteigen, in diese sind mittelst Stopfbuchsen gedichtet eingeschoben die Knieröhren B und B′, an deren äußerer Mündung ein Lederschlauch mit der Düse befestigt wird, welche in die eine der Formen C C C oder C′ C′ C′ eingelegt wird. In dem Maaße, wie das Niederschmelzen erfolgt, kann man das Kniestück B B′ mit dem Schlauch und der Düse weiter hinausziehen und diese in eine der höher

gelegenen Oeffnungen einlegen. Die mittelst Glasscheiben zu verschließenden Schauöffnungen x und x′ gestatten den Gang des Ofens zu beobachten.

Der aus Gußeisenplatten bestehende Mantel des Ofens trägt oben bei D eine Auskragung, auf welcher der aus feuerfesten Steinen gemauerte Rauchfang F ruht, der bei E eine mittelst eiserner Thüren verschließbare Oeffnung zum Einbringen der Gichten hat und bei G einen Schornstein aus Eisenblech trägt. H ist die Abstichöffnung. Der Mantel des Ofens ist im Aeußern achteckig; die Mantelplatten werden durch schmiedeeiserne Reifen zusammengehalten.

Taf. XIX. Fig. 1 giebt die Zeichnung eines andern Kupolofens von großen Dimensionen, welcher in einer andern bedeutenden Eisengießerei bei Berlin in Gebrauch ist, und welcher bis zur obersten Düsenöffnung einen Fassungsraum von etwa 90 Centner hat. Der Fassungsraum des Ofens ist cylindrisch und der Schacht verengt sich von der obersten Form nach der Gicht hin von 3 Fuß 9 Zoll auf 1 Fuß 10 Zoll. Die Höhe des Ofens beträgt:

von der Herdsohle bis zur Mitte der untersten Formöffnung .	3 Fuß	$3\frac{1}{2}$	Zoll,
von da bis zur Mitte der mittlern Formöffnung	— „	$8\frac{3}{4}$	„
von da bis zur Mitte der obersten Formöffnung	— „	$8\frac{3}{4}$	„
von da bis zur Gichtöffnung	5 „	3	„
Summa von der Sohle bis zur Gichtöffnung	10 Fuß	—	Zoll.

Der Mantel ist von Blechtafeln, welche nach Art der Kesselbleche vernietet sind, sie tragen oben eine Deckplatte, über welcher sich die Oeffnung E zum Aufgeben der Gichten befindet; 4 Fuß 9 Zoll unter der Unterkante dieser Oeffnung liegt die Plattform A des Schmelzraums.

Fig. 1ᵃ ist ein Vertikalschnitt des Ofens, Fig. 1ᵇ ein Horizontalschnitt nach der Linie A B in Fig. 1ᵃ; Fig. 1ᶜ ist die Ansicht der Thüröffnung an der Gicht des Ofens, welche zum Beschicken des Ofens bestimmt ist; Fig. 1ᵈ zeigt den Verschluß der Oeffnung in der Vorderwand des Ofens, durch welche die Ausmauerung des Ofens und das Einstampfen der Herdsohle bewirkt wird (S. 492).

Die Verschlußplatte ist von Gußeisen und mit feuerfesten Steinen ausgesetzt, sie trägt unten die Rinne für den Abfluß des geschmolzenen Eisens, und ist mittelst der schmiedeeisernen Querbalken y und y′ an dem Mantel des Ofens befestigt. Der zum Betriebe des Ofens erforderliche Wind wird durch ein Cylindergebläse geliefert, welches bei 3 Fuß Durchmesser, 4 Fuß Hub und etwa 25 Doppelhube in einer Minute die nöthige Windmenge für drei Kupolöfen mit einer Spannung von 1 Zoll Quecksilbersäule liefert. Diese starke Windpressung bewirkt, daß der Gang des Ofens ein ziemlich hitziger ist, und daß folglich der Sammelraum eine so beträchtliche Tiefe unter der untersten Form erhalten kann, ohne daß das Eisen darin matt wird.

In einer Stunde können in einem Ofen 100 Centner Roheisen eingeschmolzen werden.

Taf. XIX. Fig. 2 stellt einen Kupolofen mit sechs übereinander liegenden Formreihen dar, welcher in einer Eisengießerei zu Rouen in Anwendung ist *).

*) Ann. des mines. 3 Ser. XI. 303.

Fig. 2ᵃ ist ein Vertikalschnitt; Fig. 2ᵇ eine Vorderansicht und Fig. 2ᶜ eine Ansicht von oben; alle drei Figuren sind in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Auf dem gemauerten achteckigen Fundament m ruht die gußeiserne Bodenplatte b, welche auf ihrer Oberfläche einen ringsum laufenden vorspringenden Rand hat, um die 8 gußeisernen Seitenplatten a a einzufassen, die den Mantel des Ofens bilden. Diese Platten werden in Entfernungen von je 6 Zoll durch umgelegte Schraubenringe d d, von 4 Zoll Breite und $3/_4$ Zoll Dicke, zusammengehalten; da dieselben aus zwei Hälften bestehen, die mittelst der in den umgekröpften Enden befindlichen Oeffnungen α zusammengeschraubt werden, so kann man die Spannung der Schraubenringe entsprechend reguliren. In den Mantelplatten auf den Formseiten befinden sich die sechs Formöffnungen g g, welche durch kleine eiserne Schieber h h geschlossen werden können; diese Schieber haben den Zweck, den Thonpfropfen, durch welche die Formöffnungen nach Erfordern verstopft werden, größere Widerstandsfähigkeit gegen den Druck der hohen Säule aus flüssigem Eisen zu geben. Die vordere Mantelplatte an der Abstichseite hat unten bei c einen Ausschnitt für die Abstichöffnung, welche mit einer gußeisernen, mit Thon überzogenen Abstichrinne e versehen ist. Um den Ofen noch zu erhöhen, ist auf den Mantel ein cylindrisches Ringstück von Gußeisen f aufgesetzt, dessen einspringender Rand i die Stelle der Deckplatte vertritt und dazu dient, das Schachtfutter k beim Aufgeben der Gichten vor Beschädigung zu schützen.

Der Schacht k dieses Ofens ist nicht gemauert, sondern aus thonhaltigem Quarzsand in einer im folgenden Paragraphen (S. 507) zu beschreibenden Weise eingestampft.

Der Fassungsraum des Ofens bis zur obern Formreihe beträgt über 120 Centner geschmolzenen Eisens. Der untere Durchmesser ist 36 Zoll; der Ofen verjüngt sich nach oben bei $6^3/_4$ Fuß über der Herdsohle auf $28^1/_2$ Zoll, und behält in dem obern cylindrischen Theil auf $1^3/_4$ Fuß Höhe diesen Durchmesser bei. Die Höhe beträgt:

von der Herdsohle bis zur Mitte der untersten Formreihe . .	1	Fuß	$4^1/_2$	Zoll,
von da bis zur Mitte der obersten Formreihe	4	„	$4^1/_2$	„
von da bis zum kleinsten Durchmesser	1	„	—	„
von da bis zur Gichtöffnung	1	„	9	„
Summa von der Herdsohle bis zur Gichtöffnung . . .	8	Fuß	6	Zoll.

Taf. XIX. Fig. 3 zeigt einen kleinern Kupolofen mit einer Formreihe, in welcher zwei Formen liegen. Fig. 3ᵃ ist der Vertikalschnitt, Fig. 3ᵇ der Horizontalschnitt, beide durch die Axen der Formöffnungen genommen und in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Mantel ist von Gußeisen, in einem Stück gegossen, ebenso ist sowohl der Deckel als die Bodenplatte jede für sich in einem Stück gegossen. Der Kernschacht a besteht aus feuerfesten Steinen, welche mit einer Hinterfüllung b versehen sind; die Herdsohle d besteht aus festgerammtem Thon, der mit Quarzsand vermengt ist, und unter der Herdsohle ist das Fundament mit Schutt zur Abführung der Feuchtigkeit ausgefüllt. Die beiden Formen f f sind von Gußeisen und liegen in beträchtlicher Höhe (Mittellinie 23 Zoll) über der Herdsohle, wodurch der Sammelraum von der Herdsohle bis unter die Formöffnung etwa 23 Centner

Eisen fassen kann. Der untere Theil des Ofens bis über die Formöffnung hinauf ist auf eine Höhe von 26 Zoll cylindrisch mit 24 Zoll Durchmesser; von da ab verengt er sich bei einer Höhe von 5 Fuß 10 Zoll bis auf 19 Zoll Durchmesser. Die Höhen-Dimensionen des Ofens betragen:

von der Herdsohle bis zur Mitte der Formen . . . . 1 Fuß 11 Zoll,
von da bis zum Beginn des Konus . . . . — „ 3 „
von da bis zur Gichtöffnung . . . . 5 „ 10 „
Summa Höhe von der Herdsohle bis zur Gichtöffnung . 8 Fuß — Zoll.

Taf. XIX. Fig. 4 kleiner Kupolofen mit einer Form. Fig. 4a Vertikalschnitt durch die Mitte der Form und Abstichöffnung; Fig. 4b Horizontalschnitt durch die Mitte der Formöffnung; beide Figuren in $^1/_{24}$ der natürlichen Größe. Der Mantel besteht aus 8 gußeisernen Platten a a, welche mittelst aufgebogenen Rändern b b durch Schraubenbolzen zusammengehalten werden. Das gemauerte Fundament d hat unten einen Abzugskanal c für die Feuchtigkeit und trägt oben die mit vorspringenden Rändern versehene Bodenplatte e, auf welcher die Mantelplatten stehen. Das obere Ende der Mantelplatten wird von einem Falz in dem vorspringenden Rande der Deckplatte g umfaßt. Das Schachtfutter f besteht aus feuerfesten Steinen mit einer Hinterfüllung h aus Asche oder Schutt. Die Abstichöffnung i befindet sich in der vordern Mantelplatte und die Abstichrinne k wird durch eine Verlängerung der Bodenplatte e gebildet. Der Durchmesser des Ofens in der Herdsohle beträgt 19 Zoll, in der Gichtöffnung 17 Zoll, beide haben einen Abstand von 6 Fuß 2 Zoll. Der Sammelraum des Ofens bis unter die Form faßt etwa 10 Centner geschmolzenen Eisens; die Höhenverhältnisse sind folgende:

von der Herdsohle bis zur Mitte der Formöffnung . . . . 1 Fuß — Zoll,
von da bis zur Gichtöffnung . . . . 5 „ 2 „
Summa von der Herdsohle bis zur Gichtöffnung . . . 6 Fuß 2 Zoll.

Taf. XIX. Fig. 5 stellt einen Kupolofen aus der Königlichen Eisengießerei zu Berlin dar in $^1/_{24}$ der natürlichen Größe. Fig. 5a ist der Vertikalschnitt durch die Axe des Ofens, Fig. 5b die Vorderansicht, Fig. 5c ein Horizontalschnitt durch die Abstichöffnung, Fig. 5d ein Horizontalschnitt durch die Formöffnungen, Fig. 5e zeigt den Verschluß der Schaulöcher und Fig. 5f stellt eine der gußeisernen Formen dar; die beiden letztgenannten Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die wesentliche Eigenthümlichkeit dieses Ofens ist die große Zahl von Formen, die in einer Reihe 2 Fuß über dem tiefsten Punkt der Herdsohle angeordnet sind. In der Zeichnung sind deren 12 angegeben; man hat auch Oefen mit 16 und auch solche mit 8 Formen construirt, die Construction läßt sich leicht darnach abändern. Die Formen haben einen sehr kleinen Durchmesser (1 Zoll) und da die Luft mit sehr starker Pressung (2 Zoll Quecksilbersäule) in den Ofen getrieben wird, so würden die metallenen Düsen sehr bald durch die hohe Temperatur abgeschmolzen werden. Man hat daher keine besondern Düsen eingelegt, sondern die Formöffnungen a, aus feuerfestem Thon hergestellt, vertreten zugleich die Stelle der Düsen. Die Luft wird durch eine unterirdische Leitung zugeführt, aus welcher sich das Standrohr b erhebt, um die Luft nach einem mit dem Ofen concentrischen Kanal c zu führen, welcher einerseits von der

starken ringförmigen Mantelplatte d, andererseits von den einzelnen Formplatten e e, deren eine in Fig. 5[f] im Detail gezeichnet ist, begrenzt wird. Der Verband dieser Formplatten mit der Mantelplatte ist aus Fig. 5[a], 5[c], 5[d] und 5[f] vollkommen deutlich. Um den Gang des Ofens beobachten zu können, sind in der äußern Mantelplatte d jeder Formöffnung gegenüber Schauöffnungen f f angebracht, die durch eine Glasplatte verschlossen sind; man kann diese Glasplatte leicht entfernen, wenn man von außen her die Form reinigen will. — Der Mantel des Ofens besteht außer der bereits erwähnten starken cylindrischen Mantelplatte d, noch aus zwei konischen, ringförmigen Theilen g und h, welche mit zahlreichen Durchbohrungen versehen sind, um das Entweichen der Wasserdämpfe aus dem Mauerwerk des Ofens zu erleichtern. Diese Mantelringe sind mit Falzen in einander geschoben und der oberste trägt die Deckplatte k. — Die Oeffnung zum Reinigen und Ausmauern des Ofens ist bei l in der Mantelplatte ausgespart; sie wird durch eine Vorsetzplatte m geschlossen, in welcher sich die Abstichöffnung a befindet. Die Abstichrinne o wird durch eine Verlängerung der Grundplatte p des Ofens gebildet. Die Plattform q, welche den Fußboden des Schmelzraums bildet, liegt 3 Fuß 3 Zoll unter der Gichtöffnung.

Der Ofen braucht zum Anwärmen 5 bis 6 Stunden, dann kann man stündlich etwa 20 bis 25 Cntr. niederschmelzen, der Fassungsraum des Ofens kann über 30 Centner geschmolzenen Eisens aufnehmen. Der untere Theil des Ofens bis über die Formöffnungen ist auf eine Höhe von 27 Zoll über dem tiefsten Punkt der Herdsohle cylindrisch von 24 Zoll Durchmesser. Von da bis zur Gichtöffnung sind noch 4 $1/2$ Fuß und auf dieser Höhe verengt sich der Schacht konisch bis auf 16 Zoll Durchmesser. Die Höhen-Dimensionen sind folgende:

von dem tiefsten Punkt der Herdsohle bis zur Mitte der Formöffnung	2 Fuß — Zoll,
von da bis zum Beginn der konischen Verengung	— „ 3 „
von da bis zur Gichtöffnung	4 „ 6 „
Summa Höhe der Gichtöffnung über dem tiefsten Punkt der Herdsohle	6 Fuß 9 Zoll.

Taf. XX. zeigt einen eigenthümlich construirten großen Kupolofen, welcher nur zum Schmelzen großer Eisenmassen dient. Der Fassungsraum ist unter der untersten Düsenreihe 60 Cntr., bis zur obern Düsenreihe aber 150 Cntr. Die Eigenthümlichkeit dieses Ofens besteht besonders in der Gestalt des innern Schachtes, welcher in der Höhe der Düsen beträchtlich eingezogen ist, um hier die Hitze zu concentriren; über den Düsenreihen nach der Gicht zu, und unter den Düsenreihen nach der Herdsohle zu erweitert sich der Kernschacht wieder.

Fig. a ist der Vertikalschnitt, Fig. b die Vorderansicht, Fig. c der Horizontalschnitt durch den Sammelraum, Fig. d zur Hälfte Horizontalschnitt durch die Gichtöffnung, zur andern Hälfte Horizontalschnitt durch den Schornstein; Fig. e ist ein Horizontalschnitt durch die Formöffnungen. Die sämmtlichen eben genannten Figuren sind in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet; Fig. f ist in $1/_{72}$ der natürlichen Größe eine Skizze, welche die Lage der Düsen auf dem abgewickelten Mantel darstellt; Fig. g $1/_{12}$ natürlicher Größe, h und i ($1/_4$ der natürlichen Größe) geben Details des Glasvisirs vor den Schaulöchern und der Rohrstücke zum Reinigen der Düsen.

Der Ofen ruht auf einem starken aus Mauerwerk aufgeführten Fundament A, an welchem die gußeiserne Grundplatte B mittelst Ankerbolzen befestigt ist. Der Mantel C des Ofens ist aus Eisenblech und an einzelnen Stellen durch schmiedeeiserne Ringe gebunden. Der Kernschacht E ist aus feuerfesten Steinen gemauert und der Zwischenraum zwischen der Außenwandung desselben und dem Blechmantel ist mit Asche ausgestampft. Da wo die innere Wandung des Ofens am meisten eingezogen ist, ist auch dieser Zwischenraum am größten, und hier liegt in demselben die ringförmige Windleitung F. Dieselbe besteht in einem concentrisch mit dem Ofenmantel und mit diesem durch Eckschienen verbundenen Blechringe, an welchen unmittelbar die Düsen G angesetzt sind, die in die Formöffnungen H H des Ofens hineinreichen. Jeder Formöffnung gegenüber ist in dem Ofenmantel ein Schauloch J angebracht, welches durch ein Glasvisir (Fig. g) geschlossen werden kann. Es sind im Ganzen 18 Düsen vorhanden, jede von 3 Zoll Durchmesser; dieselben liegen in der Mantelfläche nach Spirallinien vertheilt (Fig. f) und werden, wenn die stärkste Besetzung des Ofens (150 Centner) stattfindet, sämmtlich gleichzeitig benutzt, so lange bis das geschmolzene Eisen die untern Formöffnungen erreicht; dann werden diese mit Formsand zugesetzt. Um dies zu bewirken, nimmt man das Glasvisir heraus und schiebt das Rohrstück Fig. h durch das Schauloch hindurch, bis das Ende desselben in die Düse hineinreicht; vorher hat man in das Rohrstück h das Rohrstück i eingeschoben, und zwar so, daß der Ausschnitt x gegen den Ausschnitt y um 90 Grad verdreht ist, daß also die Ausschnitte jedes Rohrs von der Wandfläche des andern verdeckt sind. Auf diese Weise ist die betreffende Düse von der Windleitung F abgesperrt und man kann durch die Höhlung des Rohrs den Formsand zum Absperren einbringen. Will man die Düse reinigen, so schiebt man in derselben Weise die Röhren hinein und setzt dadurch die Düse mit der äußern Umgebung des Ofens in Verbindung, indem man zugleich den Wind von derselben abschneidet. Aber auch zur Regulirung des Windes dienen diese Rohrstücke, denn wenn man das innere Rohr (Fig. i) gegen das äußere Rohr (Fig. h) so verdreht, daß die Ausschnitte x und y ganz oder theilweise zusammenfallen, so findet durch diese Ausschnitte eine Kommunikation der Höhlung des Rohrs und folglich auch der Düse, in welche man dasselbe hineingesteckt hat, mit der Windleitung statt, und je nach der Größe der Oeffnung, welche so zwischen den Ausschnitten x und y gebildet wird, ist die Luftmenge verschieden, die durch diese Ausschnitte aus der Windleitung F in die Düse gelangt. Bei L ist die Einsatzthür für die Gichtöffnung, bei M ist die Abstichöffnung.

Die Höhen-Verhältnisse sind folgende:

von dem tiefsten Punkt der Herdsohle bis zur Mitte der niedrigsten Formöffnung	2 Fuß 3 Zoll,
von da bis zur höchsten Formöffnung	2 „ 3 „
von da bis zur Gicht	4 „ 11 „
Summa vom tiefsten Punkt der Herdsohle bis zur Ebene der Gichtöffnung	9 Fuß 5 Zoll.

	Uebertrag:	9 Fuß	5 Zoll,
Dicke der Herdsohle bis zur Grundplatte an der tiefsten Stelle	. —	„	6 „
von der Gichtöffnung bis zum Rauchmantel	 2	„	$8^1/_2$ „
von da bis zum Beginn des Schornstein-Querschnittes	. . . 4	„	$6^1/_2$ „
von da bis zum Aufhören der feuerfesten Steine	 1	„	6 „
von da bis zur Mündung des Schornsteins	 11	„	6 „
Summa: Höhe der Schornstein-Mündung über der Grundplatte des Ofens	 30	Fuß	2 Zoll.

Taf. XIV. Fig. 4 zeigt einen Kupolofen von großen Dimensionen nach einer neuen englischen Construction von Ireland in Manchester. Fig. 4ᵃ zeigt zwei solcher Oefen im Grundriß, Fig. 4ᵇ den Vertikaldurchschnitt, beide Figuren in $^1/_{60}$ der natürlichen Größe. Die an dem Kupolofen angebrachte Windevorrichtung ist bereits im vorigen Paragraphen S. 494 beschrieben worden. Das Gebläse, durch welches die nöthige Luft durch zwei Düsen von je 7 Zoll Durchmesser in den Ofen geblasen wird, ist das auf Taf. IV. in Fig. 5 gezeichnete und auf S. 364 beschriebene Ventilatorgebläse von Lloyd. Nach Angaben in The civil-engineer and architects-Journal XIX. S. 312 kann man in dem Ofen stündlich 60 Centner Eisen schmelzen (Maaße und Gewichte sind hier englisch). Die Höhe von der Herdsohle bis zur Mündung des Schornsteins ist 27 Fuß; von der Hüttensohle bis zum Niveau der Gichtöffnung K aber nur $12^1/_2$ Fuß. Der Schacht ist in dem untern Theile bis auf eine Höhe von 4 Fuß 3 Zoll bei M sehr wenig konisch, und zwar nach oben hin verengt; der größte Durchmesser an der Herdsohle beträgt 2 Fuß 6 Zoll; der kleinste Durchmesser an der eben genannten Stelle M, welche 2 Fuß 3 Zoll über der Mittellinie der Düsen liegt, beträgt 2 Fuß 3 Zoll. Von dieser engsten Stelle M erweitert sich der Schacht nach oben hin trichterförmig, und zwar in einer Länge von 1 Fuß 8 Zoll bis auf 3 Fuß 9 Zoll, also um $1^1/_2$ Fuß. Dieser Durchmesser von 3 Fuß 9 Zoll bleibt bis zur Gichtöffnung constant, es entsteht also hier ein cylindrischer Theil von 6 Fuß 1 Zoll Höhe, welcher von der Höhe der Gichtöffnung bis nach der Schornsteinmündung, also in einer Länge von $14^1/_2$ Fuß, sich wieder bis auf 1 Fuß 9 Zoll konisch verengt.

Der Mittelpunkt der Formöffnung N liegt 2 Fuß über der Herdsohle; der Durchmesser der Formöffnungen, deren zwei einander gegenüber liegen, ist 9 Zoll, um die Düsen von $7^1/_2$ Zoll äußerem Durchmesser bequem aufnehmen zu können. Bei O ist eine Oeffnung zum Abziehen der Schlacken angebracht, welche 5 Zoll Durchmesser hat und deren Oberkante mit dem Mittelpunkt der Düsenöffnung in gleicher Höhe liegt; bei P ist die Abstichöffnung, welche in gewöhnlicher Weise angeordnet ist. Der Sammelraum des Ofens bis zur Unterkante der Düsen faßt etwa 25 Centner geschmolzenen Eisens. Der Ofen hat gar keinen eisernen Mantel, in dem untern Theile beträgt die Wandstärke etwa 15 Zoll; von der cylindrischen Erweiterung an nur 5 Zoll. — Ob diese Construction die nöthige Solidität gewährt, möchte wohl dahin gestellt bleiben.

Die Vortheile dieses Ofens sollen besonders in der eigenthümlichen Gestaltung des innern Schachtes liegen. Die Verengung über dem eigentlichen Schmelzraum

des Ofens bildet, ähnlich wie bei den Hohöfen, eine Rast, welche das Nachsinken der Schichten etwas verzögert, so daß das Eisen erst halb geschmolzen von der Neigung der Rast in den Schmelzraum niedersinkt. Die beträchtliche Höhe des Ofens gestattet eine bessere Oekonomie des Brennmaterials, indem die heiße Luft, während sie die beträchtliche Schicht im Ofen durchstreicht, Zeit genug hat, den größten Theil ihrer Wärme an die Materialien abzugeben und diese gehörig für die Schmelzung vorzubereiten. Andererseits steht zu befürchten, daß bei einer geringen Unaufmerksamkeit im Gange des Ofens derselbe sich leicht verstopft, indem die Materialien auf der Rast sich gewölbeartig festsetzen, und daß die schwereren Eisengichten sich durch die leichtern Kohlengichten während des langen Weges hindurchdrücken und diesen voreilen. Auf 20 Centner geschmolzenen Eisens soll der Ofen nur 2⅓ Centner Kokes verbrauchen, d. i. pro 100 Pfund etwa 11⅔ Pfund Kokes.

Ueber den Betrieb dieses Ofens wollen wir nach den Angaben von Ireland im nächsten Paragraphen Mittheilung machen.

Wir stellen noch wie bei den andern Oefen die Höhen-Dimensionen zusammen:

von der Herdsohle bis zur Mitte der Schlackenöffnung	1 Fuß	9½ Zoll,
von da bis zur Mitte der Formöffnung	— „	2½ „
von da bis zum Ende der Rast	2 „	3 „
von da bis zum Beginn der Rast	1 „	8 „
von da bis zur Gichtöffnung	6 „	1 „
Summa: von der Herdsohle bis zur Gichtöffnung	12 Fuß	— Zoll.
Höhe des Schornsteins	14 „	6 „
Dicke der Herdsohle	— „	6 „
Ganze Höhe von der Grundplatte bis zur Schornsteinmündung	27 Fuß	— Zoll.

§. 88.

Betrieb der Kupolöfen.

Für den Betrieb der Kupolöfen ist zunächst die Auswahl des zu schmelzenden Gußeisens von Wichtigkeit. Dieselbe richtet sich nach der Beschaffenheit der darzustellenden Gußwaaren. Gewöhnlich mischt man wenigstens zwei, zuweilen auch fünf oder sechs verschiedene Eisensorten, indem man größtentheils Flossen von verschiedenen Sorten neuen Roheisens und geringere Quantitäten von altem Gußeisen, das theils von gebrauchten und beschädigten Gußwaaren, theils von verlorenen Köpfen und sonstigen Abfällen aus einem frühern Schmelzverfahren herrührt, zusammenschmelzt.

Wenn die Hauptbedingung für die zu erzielenden Gußwaaren darin besteht, daß man möglichst gut ausgeprägte Formen mit recht glatter und reiner Oberfläche darzustellen hat, so verwendet man die weichern, mehr kohlenstoffreichern Eisensorten, welche leicht schmelzbar und ziemlich dünnflüssig sind. Der so erzeugte Guß hat aber in der Regel zu wenig Festigkeit, Härte und Dauerhaftigkeit, um ihn zu Bauconstructionen oder zu Maschinentheilen zu benutzen.

Wenn der Kupolofen ein wenig Hartfloß (§. 14, S. 69) enthält und zum größten Theil mit altem Gußeisen gefüllt ist, welches schon mehrere Male umgeschmolzen und durch den dabei erfolgten Verlust an Kohlenstoff härter geworden ist, so bekommt man sehr harte Gußwaaren, die oft so hart sind, daß sie sich kaum bearbeiten lassen. Dieser Guß ist zu den eben genannten Bauconstructionen und Maschinentheilen fast ebenso ungeeignet, als der zuerst erwähnte, freilich gerade aus den entgegengesetzten Gründen.

Indessen ist hier zu bemerken, daß dieselbe Eisensorte, oder dasselbe Produkt einer bestimmten Schmelzung in einem Kupolofen sehr verschiedene Qualitäten zeigt, je nach den Dimensionen und räumlichen Verhältnissen der zu gießenden Gegenstände. Gußeisen, welches in flache, etwa $\frac{1}{4}$ Zoll starke Tafeln gegossen wird, zeigt sich häufig brüchig und hart, während Platten von 2 bis 3 Zoll Dicke von derselben Schmelzung zähe und vollkommen gut sind. Dicke Gegenstände kühlen sich im Allgemeinen langsamer ab, als dünne, und werden daher nicht so leicht hart.

Die extremen Verhältnisse der Mischung sind etwa drei Theile neues Roheisen auf einen Theil alten Gußeisens, und andererseits ein Theil neues Roheisen auf drei Theile alten Gußeisens. Zwischen diesen Verhältnissen wählt man die Mischungen, indem man für Maschinentheile ein festes, zähes und gesundes Gußeisen zu erzielen strebt.

Hat man Eisen von den richtigen und passenden Sorten ausgewählt, so zerschlägt man es in mäßig große Stücke von etwa 3 bis 4 Zoll Länge und etwa 8 bis 16 Kubikzoll Inhalt. Man wiegt die Portionen für jede Gicht ab, zu welchem Zweck in der Nähe der Gicht eine Wage aufgestellt sein muß. Die Kokes werden entweder gewogen oder gemessen; das Messen ist üblicher.

Wie groß man die einzelnen Kohlen- und Eisengichten zu nehmen habe, richtet sich natürlich nach der Größe des Ofens und nach der Stärke des Gebläses, auch nach der Beschaffenheit des Eisens und der Kokes, und endlich nach dem Stadium des Schmelzprozesses; indem man anfänglich nur Kohlengichten, dann geringe Eisengichten aufgiebt, und das Gewicht der Eisengichten allmählig bis zu einem gewissen Maximum steigert. Bei kleinen Kupolöfen betragen die Kokesgichten, wenn der Ofen in gehörigem Gange ist, $\frac{2}{3}$ bis 1 Kubikfuß; d. i. 24 bis 36 Pfd., bei größern steigen sie auf 2 bis 3 Kubikfuß, d. i. auf 72 bis 108 Pfund; die Eisengichten sind dann entsprechend 100 bis 500 Pfund.

Wenn der Ofen von Neuem in Gang gesetzt werden soll, beginnt der Betrieb mit dem Vorwärmen des Ofens. Man wirft von oben her glühende Kohlen oder Kokes auf die Sohle des Herdes, hierüber schüttet man neue Kohlen und entzündet so das Feuer, sind die Kohlen gehörig durchgebrannt, so schüttet man neue Kohlengichten auf und füllt auf diese Weise den Ofen bis oben hin mit Kohlen. Man setzt nun das Gebläse in Betrieb, läßt aber die Abstichöffnung in der untern Vorplatte offen, damit der Wind die Flamme zum Theil durch diese Oeffnung durchblasen und so die Herdsohle und den Sammelraum gehörig erhitzen kann. In dem Maaße, wie die Kohlengichten durch

die Verbrennung niedersinken, werden oben neue aufgegeben, bis der Ofen in gehöriger Gluth ist. Man beurtheilt diesen Zustand aus der Farbe der Gichtflamme. Nunmehr beginnt man mit dem Aufgeben der Eisengichten, welche von jetzt ab mit Kokesgichten wechseln.

Sobald das Eisen niedergeschmolzen ist und durch die geöffnete Abstichöffnung sich die ersten Tropfen zeigen, verschließt man diese Oeffnung mit einem Pfropf aus feuerfestem Thon und öffnet dieselbe nicht früher wieder, als bis das Eisen abgestochen werden soll. Um nach dem Abstechen sofort wieder die Oeffnung verschließen zu können, müssen in der Nähe der Oeffnung stets einige Thonpfropfen, an eisernen oder hölzernen Stangen angeklebt, vorräthig sein.

Durch die Schaulöcher, welche den Formöffnungen gegenüber liegen, beurtheilt der Schmelzer den Gang des Ofens und den Stand des Eisens. Hat das geschmolzene Eisen im Ofen die Höhe der Form erreicht, so muß entweder abgestochen werden, oder man schließt die Formöffnung und leitet den Wind in eine höher liegende Oeffnung (§. 86 und 87). Man kann nach Erfordern das Eisen auch früher abstechen, als bis es den Rand der Formöffnungen erreicht hat, sobald sich nur so viel geschmolzenes Eisen im Sammelraum befindet, als der augenblickliche Bedarf auf ein Mal erfordert; ebensowenig ist es nöthig, beim Abstechen die ganze Menge des angesammelten Eisens abzuziehen; man kann den Ausfluß des Eisens zu jeder Zeit wieder unterbrechen.

Haben die Kohlengichten weniger Eisen erhalten, als sie zu tragen vermögen, so kann das Eisen im Sammelraum eine sehr hohe Temperatur annehmen und einen außerordentlichen Grad von Dünnflüssigkeit erlangen. Man sagt dann, der Ofen habe einen hitzigen Gang, und sucht denselben durch Erhöhung der Eisengichten zu beseitigen. Das abgestochene, hitzige Gußeisen kann dann nicht sofort in die Formen gegossen werden, weil dieselben für eine so hohe Temperatur nicht feuerbeständig zu sein pflegen, es muß oft mehrere Minuten lang abkühlen, oder man setzt auch wohl dem abgestochenen Gußeisen etwas ungeschmolzenes Eisen hinzu, damit dasselbe in der Gußpfanne schmilzt und die Temperatur des geschmolzenen Eisens vermindert.

Durch den an dem eingesetzten Roheisen hängenden Sand, sowie durch die Unreinigkeiten der Kokes und der Asche bildet sich im Kupolofen stets etwas Schlacke, welche noch durch das Abschmelzen des Schachtfutters befördert wird. Man sucht diese Schlacke dünnflüssig zu machen, indem man von Zeit zu Zeit ein wenig Kalkstein, Austerschalen u. s. w. auf die Gicht bringt. Hierdurch wird meist die Schlacke so dünn, daß sie mit dem abzustechenden Eisen abfließt und demnächst in der Gießpfanne von demselben getrennt werden kann. — Zuweilen ist auch eine besondere Oeffnung im Mantel des Ofens angebracht (Taf. XXIV. Fig. 4), durch welche man die Schlacke abziehen kann. Ist gleichwohl die Schlacke sehr zähe und dickflüssig, so daß sie sich im Ofen zu sehr anhäuft, so stellt man das Gebläse ein, bricht die Vorplatte auf und reinigt den Herd von der Schlacke; dann setzt man die Platte wieder ein, befestigt sie gehörig und fährt im Betriebe fort. Diese Operation kommt übrigens sehr selten vor.

Die Ordnung des Betriebes in den Gießereien ist gewöhnlich so, daß der Kupolofen nur während einiger Stunden im Gange ist. Wird das Schmelzen eingestellt, so muß man, nachdem das letzte Eisen abgestochen ist, die Vorplatte abnehmen und die Kohlen ausräumen, auch den Herd von der Schlacke reinigen. Um die Kohlen möglichst ausnutzen zu können, setzt man zu der letzten Kohlengicht einen doppelten Eisensatz hinzu. Wenn die Unterbrechung des Schmelzbetriebes nicht mehr als 12 bis 16 Stunden beträgt, so pflegt man das Ausräumen des Ofens zu unterlassen; in diesem Falle sucht man nach dem Abstich des letzten Eisens den Herd ohne Abnahme der Vorplatte durch die Abstichöffnung so viel als möglich von der Schlacke zu reinigen, verschließt nun die Abstichöffnung und die Formöffnungen, nachdem man nach der letzten Eisengicht noch zwei leere Kokesgichten aufgegeben und dann den Ofen mit Eisen- und Kokesgichten gefüllt hat, und bedeckt endlich die Gichtöffnung mit Kokes. Wenn man dann nach Verlauf der oben genannten Zeit wieder anbläst, so ist der Ofen noch warm genug, um sehr bald flüssiges Eisen zu geben.

Als Beispiel eines bestimmten Schmelzbetriebes wählen wir den auf Taf. XXIV. in Fig. 4 dargestellten großen englischen Kupolofen, welcher mit einer Vorrichtung zum Fördern der Eisen- und Kohlengichten versehen ist.

Um 8 Uhr Morgens beginnt die Wirksamkeit der Hebevorrichtung und um 10 Uhr Morgens setzt man das Gebläse in Thätigkeit, welches bis 1 Uhr Nachmittags im Gange bleibt; sodann stellt man den Wind ab bis um 4 Uhr Nachmittags und beginnt zu dieser Stunde von Neuem zu blasen bis um 7 Uhr Abends. Das Gebläse ist hiernach täglich während 6 Stunden in Thätigkeit, und die Sand- und Lehmmühlen, welche von derselben Dampfmaschine (horizontale Cylinder von 11 Zoll Durchmesser, 22 Zoll Hub und 40 Pfd. Dampfdruck) getrieben werden, arbeiten in der Zwischenzeit und sind gleichfalls täglich 6 Stunden in Betrieb. Der Aufwand an Steinkohlen, um den Ventilator und die Mühlen zu treiben, ist in 12 Stunden 6 Centner, und der Gesammtverbrauch beträgt, wenn die Winde mit betrieben wird, 7 Centner täglich, also 1 Centner mehr, um die Gichten für 20 Centner Roheisen zu fördern.

Wenn Morgens der Betrieb dieses Ofens beginnt, so zündet man, wie oben beschrieben, auf der Herdsohle ein Feuer an und stürzt auf dasselbe nach und nach 7 Centner Kokes. Die Oberfläche dieser Kohlenschicht muß einigermaßen abgeglichen werden, und dann giebt man eine Gicht von 20 Centner Roheisen auf, welches aus Flossen besteht, die man in je drei bis vier Theile zerschlagen hat. Die Eisenstücke wirft man so auf, daß sie so viel als möglich mit ihrer Längenrichtung in die Richtung des Gebläsewindes kommen, wie die Fig. 4ᵃ auf Taf. XXIV. andeutet. Die nächste Gicht beträgt 2 Centner Kokes, und nachdem die Oberfläche derselben abgeglichen ist, kommt eine Eisengicht von abermals 20 Centner, hierauf eine Kohlengicht von $1\frac{1}{2}$ Cntr. Kokes, dann wieder eine Eisengicht von 20 Centner. Von nun an wechseln Kohlengichten von $1\frac{1}{2}$ Centner Kokes und Eisengichten von 20 Centner Eisen gleichmäßig ab, bis die erforderliche Eisenmenge eingetragen ist. Wenn man Schmiedeeisen, Feil- oder Drehspähne mit ein-

schmelzen will (vergl. §. 35, S. 228), so giebt man dieselben stets unmittelbar über den Roheisengichten auf, und füllt damit die Zwischenräume zwischen den Eisenstücken an.

Der Ofen ist zum Anblasen fertig, wenn er bis zum obern Rande der Gicht gefüllt ist, wie ihn Fig 4[b] darstellt, er enthält dann 120 Centner Eisen und 15 Centner Kokes, oder 1 Pfund Kokes auf 8 Pfund Eisen (pro 100 Pfund Eisen 12½ Pfund Kokes). Da bei dem Anblasen Nachmittags der Ofen noch warm ist und noch einige Kohlen von dem ersten Blasen enthält, so braucht man Nachmittags die erste Kohlengicht nur 5 Centner, anstatt 7 Centner schwer zu nehmen, wodurch sich der Durchschnitts-Verbrauch an Kokes von 12½ auf 11 Pfund pro 100 Pfund eingebrachten Eisens vermindert. Der Zuschlag besteht aus Derbishire-Kalkspath, von dem man nach der zweiten und nach der fünften Eisengicht ½ Centner auf die Gicht bringt.

Reparatur der Kupolöfen.

Die Kupolöfen bedürfen gewisser regelmäßig wiederkehrender Reparaturen, welche durch das Ausbrennen des Schachtfutters und der Herdsohle, sowie durch die Beschädigung, welche diese Theile beim Ausbrechen der Schlacken erleiden, bedingt werden, diese Reparaturen sind also gewissermaßen als zum Betriebe der Kupolöfen gehörig zu betrachten, und daher hier zu besprechen.

Gute Schachtfutter pflegen bei kleinen Kupolöfen 25 bis 30 Schmelzungen auszuhalten; bei größern Oefen, und namentlich wenn man mit hohen Windspannungen arbeitet, nutzen sie sich früher ab. Besonders ist es die Umgebung der Formöffnungen, welche am früheſten ausbrennt, und welche man oft nach 4 bis 5 Schmelzungen durch eine leichte Reparatur zu ergänzen hat.

Die Schachtfutter bestehen entweder aus feuerfesten Steinen, oder aus einer Masse aus Formsand und feuerfestem Thon; erstere nennt man Steinfutter, die andere Massefutter. (Vergl. §. 86, S. 491).

Die Steinfutter werden durch Aufmauerung mit feuerfestem Thon, oder mit Chamotte-Masse hergestellt, und man wendet dabei am besten Formsteine an, welche nach der innern Begrenzung des Ofens gestaltet sind. Die Herdsohle wird eingestampft, nachdem der Kernschacht vollendet ist.

Die Darstellung der Massefutter aus feuerfestem Sande geschieht in der Weise, daß man zuerst die Herdsohle anfertigt, indem man einzelne Schichten von je 2 bis 2½ Zoll Dicke aufträgt und diese feststampft, bis die erforderliche Stärke erreicht ist; der Oberfläche giebt man dabei eine geringe Neigung nach der Abstichöffnung hin. Ist die Herdsohle fertig, so stellt man in die Mitte derselben ein cylindrisches Holzmodell, dessen Durchmesser dem innern Durchmesser des Ofens entspricht, und dessen Höhe ½ bis ⅓ von der Höhe des Ofens beträgt; man trägt um dieses Modell Masse, welche ein wenig angefeuchtet ist, und stampft dieselbe fest, bis man beinahe das obere Ende des Modells erreicht hat. Hierauf macht man durch einige Hammerschläge auf das Modell dasselbe locker und schiebt es in die Höhe fast bis zum Rande des eingestampften Futters; worauf man das Einstampfen des folgenden Theils beginnt und in gleicher Weise

bis zur Gichtöffnung fortsetzt. Auf diese Weise bekommt der Schacht eine cylindrische Form, soll er konisch werden, so muß man den Sand nach einer drehbaren Brettschablone, welche dem Profil des Ofens entspricht, wieder fortnehmen. Die Oeffnungen für die Formen und für den Abstich werden bei dem Einstampfen ausgespart, indem man Holzmodelle bei den betreffenden Stellen einlegt, und diese später herauszieht. — Man kann auch den Kernschacht voll einstampfen und die betreffenden Oeffnungen nachher einschneiden.

Wenn der Ofenschacht entweder durch Aufmauerung, oder durch Einstampfen hergestellt ist, so muß man ihn austrocknen, bevor überhaupt ein Betrieb des Ofens erfolgen kann. Dies geschieht, indem man zuerst ein Flackerfeuer aus Reisig entzündet, und nach einiger Zeit Kokes darauf wirft. Man bringt auch wohl über der Herdsohle einen kleinen Rost an, damit die Luft durch die Abstichöffnung eintreten und den Ofen durchziehen kann; in den meisten Fällen genügt es indessen, zu unterst einige große Kokesstücke zu werfen, die angemessene Zwischenräume für die Cirkulation der Luft darbieten. Wenn man die Herdsohle austrocknen will, so schließt man die Gichtöffnung, und läßt den Wind durch die Düsen ein, indem man ihm den Austritt durch die Abstichöffnung verstattet.

Das Austrocknen des Ofens ist natürlich nur bei neuen Schachtfuttern nöthig, und es genügt, wenn man es 12 bis 14 Stunden lang fortsetzt; gleich nach dem Austrocknen benutzt man den angewärmten Ofen sofort zum Schmelzen.

§. 89.

Construction, Verhältnisse und Betrieb der Flammöfen.

Die Benutzung der Flammöfen zum Schmelzen der Metalle findet sowohl für Roheisen, als auch für Kupfer und mancherlei Legirungen desselben Anwendung. Die eigenthümliche Construction der Flammöfen gewährt gegen die Schachtöfen den Vortheil, daß das zu schmelzende Metall nicht in unmittelbare Berührung mit dem Brennmaterial kommt, und daß daher einerseits die chemische Zusammensetzung des zu schmelzenden Körpers weniger verändert wird, als in den Schachtöfen, andererseits auch die Verwendung eines weniger gereinigten Brennstoffs möglich wird. Die Flammöfen haben ferner den Vorzug gegen die Schachtöfen, daß sie keines Gebläses bedürfen, daß vielmehr die Verbrennung nur mit Hilfe des durch einen Schornstein bewirkten Luftzuges erfolgt. Die Erwärmung des zu schmelzenden Metalls erfolgt daher nicht, wie bei den Kupolöfen, durch die innige und unmittelbare Berührung mit den brennenden Kokes und den heißen Gasen, sondern vorzugsweise dadurch, daß die Flamme, welche sich aus dem Brennmaterial entwickelt, ihre Wärme an die Umfassungswände des Raumes, in welchem sich der zu schmelzende Körper befindet, abgiebt, und daß nun die Mittheilung der Wärme theils durch die directe Wärmeleitung, theils durch Rückstrahlung erfolgt. Man nennt daher diese Oefen nicht selten auch Reverberir-Oefen.

Das Brennmaterial für diese Oefen ist daher nothwendiger Weise ein solches, welches mit einer möglichst lebhaften Flamme verbrennt, also entweder

Steinkohle, Holz oder Torf; seltener, und meist nur beim Schmelzen von Bronze oder anderer Kupferlegirungen, wendet man Kokes an.

Die Flammöfen haben indessen gegen die Schachtöfen den Nachtheil, daß sie die Brennkraft des Heizmaterials viel weniger gut nutzbar machen; die Flamme nimmt eine viel größere Wärmemenge mit in den Schornstein, als bei den Kupolöfen; ferner erfordern die Flammöfen zum Anheizen einen viel größern Aufwand an Brennmaterial; daher sind die Flammöfen nur da ohne wesentlichen Verlust anzuwenden, wo man mehr Schmelzungen hinter einander vornehmen kann, ohne den Ofen abkühlen zu lassen. Auch giebt ein Flammofen nicht zu so verschiedenen Zeiten und so nach Erfordern geschmolzenes Material wie ein Kupolofen, und man kann daher den Flammofen nur für das Schmelzen größerer Posten anwenden.

In frühern Zeiten konnte man schwere Gußstücke nur aus dem Flammofen gießen, weil man nur kleine Kupolöfen anwandte; in neuerer Zeit, wo man die Dimensionen der Kupolöfen wesentlich vergrößert hat, verdrängen dieselben die Flammöfen für Eisenschmelzen immer mehr und mehr, besonders weil sie wegen der Drucksäule auch dichteres Eisen liefern, als man in Flammöfen zu erzeugen vermag; dagegen wendet man zum Schmelzen der Bronze in größern Quantitäten, namentlich zum Statüen-, Glocken- und Geschütz-Guß, noch fast ausschließlich Flammöfen an.

Ein Flammofen besteht im Allgemeinen aus drei Haupttheilen:

1) dem Feuerungsraum,
2) dem Arbeitsraum,
3) dem Schornstein oder der Esse.

Der Feuerungsraum enthält den Rost zur Aufnahme des Brennmaterials, und unter demselben den Aschenfall; das Eintragen des Brennmaterials erfolgt durch eine mit einem Trichter versehene Seitenöffnung; diese Oeffnung wird mittelst aufgefüllten Brennmaterials während des Verbrennungsprozesses so lange verstopft gehalten, bis man neues Brennmaterial eintragen muß, dann stößt man das in der Oeffnung steckende und hierdurch vorgewärmte Material auf den Rost, und verstopft die Oeffnung mit neuem Brennmaterial. —

Der Feuerraum ist von dem Arbeitsraum durch die Feuerbrücke getrennt.

Der Arbeitsraum dient zur Aufnahme des zu schmelzenden Metalls und zugleich zu Ansammlung der geschmolzenen Masse; er besteht daher häufig aus zwei gesonderten Räumlichkeiten, von denen die eine zur Aufnahme des rohen Materials, die andere zur Aufnahme des geschmolzenen Materials dient (z. B. bei den Oefen Taf. XXI. Fig. 2 und 4, und Taf. XXII. Fig. 2 und 3); häufig indessen, und namentlich bei den Flammöfen zum Eisenschmelzen, erfolgt beides in demselben Raume, und nur an verschiedenen Stellen desselben (z. B. bei den Oefen Taf. XXI. Fig. 1 und 3 und bei dem Bronze-Ofen Taf. XXIII.) Der Arbeitsraum hat, diesen Anordnungen entsprechend, entweder eine ebene und geneigte, oder eine mit muldenförmigen Vertiefungen versehene Herdsohle, welche aus festgestampftem Quarzsande mit feuerfestem Thon besteht, und die etwa 3/4 bis 1 Zoll hoch mit Kohlenklein bedeckt ist. Ueber der Herdsohle wölbt sich das aus

feuerfesten Steinen bestehende Deckengewölbe des Ofens, welches gewöhnlich in continuirlicher Kurve die Fortsetzung des Gewölbes über dem Feuerraum bildet. Nach dem Sammelraum des Ofens hin neigt sich das Gewölbe, um hier der Flamme eine Richtung abwärts zu geben, und sie demnächst entweder unmittelbar nach dem Fuchs, und durch diesen in den Schornstein zu führen, oder um sich später wieder zu erheben und die Flamme dann in den Einsatzraum und aus diesem in den Schornstein zu führen.

Der Schornstein oder die Esse steht durch den Fuchs mit dem Arbeitsraum des Ofens im Zusammenhange; er befindet sich entweder dem Feuerraum gegenüber am entgegengesetzten Ende des Ofens, oder auch in einiger Entfernung von demselben, die Höhe beträgt 40 bis 80 Fuß; der Querschnitt 15 bis 24 Zoll. Durch eine Klappe an der obern Mündung des Schornsteins kann man den Luftzug reguliren.

Die Abstichöffnung befindet sich am tiefsten Punkte des Sammelraums, entweder an einer der schmalen Wände des Ofens der Feuerung gegenüber, oder in einer Seitenwand; und zwar ist diese letzte Anordnung gewöhnlich dann nöthig, wenn der Ofen einen muldenförmigen Sammelraum besitzt.

Während des Schmelzprozesses ist die Abstichöffnung, wie bei den Kupolöfen, durch einen Thonpfropfen verschlossen.

Die Flammöfen zum Eisenschmelzen fassen zwischen 25 und 200 Centner, je nach der Größe. Die kleinsten Oefen haben eine Haltungsfähigkeit von 25 bis 50 Centner; die mittlern von 60 bis 100 Centner, und die großen von 100 bis 200 Centner.

Der Brennstoff-Aufwand beträgt für 100 Pfund eingebrachtes Eisen etwa 35 bis 50 Pfund guter Sinterkohle, durchschnittlich mag er zu 40 Pfund Steinkohle angenommen werden. Der Verlust an Eisen durch Abbrand und Verschlackung beträgt 7 bis 9 Procent, zuweilen auch 15 Procent, je nach der Dauer des Schmelzverfahrens, der Beschaffenheit des Brennmaterials und des Roheisens. Nimmt man an, daß zur Verbrennung von 1 Pfund guter Steinkohlen, mit Rücksicht auf die unverändert entweichende Luftmenge etwa 270 Kubikfuß Luft zugeführt werden müssen, so würde dies für 40 Pfund Steinkohle ein Luftquantum von 10800 Kubikfuß nöthig machen. Hiernach würde folgende Zusammenstellung gelten können.

Eingesetztes Roheisen.	Producirtes geschmolzenes Eisen.	Verbrauch an guter Sinterkohle.	Luftmenge, welche durch den Rost einströmen muß.
100 Pfund	91 bis 93 Pfund	40 Pfund	10800 Kubikfuß
108 bis 110 Pfd.	100 Pfund.	43 bis 44 Pfd.	11610 bis 11880 Kubikf.

Durchschnittlich sind hiernach für je 100 Pfund Eisen, welche ein Flammofen in einer Stunde geschmolzen liefern soll, 11700 Kubikfuß Luft pro Stunde, oder 3,25 Kubikfuß pro Secunde nöthig.

Nimmt man nun an, daß die Verhältnisse der Feuerung so construirt werden, daß die Luft mit einer effectiven Geschwindigkeit von 5 Fuß pro

Secunde zwischen den Oeffnungen der Roststäbe eintreten könne, so erfordern 100 Pfund stündlich geschmolzenen Eisens eine freie Oeffnung der Rostfläche von $\frac{3,25}{5} = 0,65$ Fuß. Die Roststäbe pflegen bei diesen Oefen in Zwischenräumen von $^3/_4$ bis 1 Zoll zu liegen, so daß die freie Oeffnung der Rostfläche etwa 0,6 von der totalen Rostfläche beträgt.

Der Querschnitt über der Feuerbrücke und der Querschnitt der obern Schornsteinmündung sind etwa gleich groß zu nehmen, und zwar können diese Querschnitte 0,4 bis 0,5 von dem Querschnitt der freien Oeffnung der Rostfläche betragen. Es würden also die genannten Querschnitte zu nehmen sein für 100 Pfund stündlich zu schmelzendes Roheisen 0,260 bis 0,325 □ Fuß. Der Querschnitt des Fuchses beträgt nach gut ausgeführten Oefen etwa $^1/_8$ bis $^1/_6$ des Querschnittes der freien Oeffnung der Rostfläche, also für 100 Pfund stündlich zu schmelzenden Roheisens 0,081 bis 0,11 Quadratfuß.

Die Höhe des Schornsteins bestimmt sich passend nach der Formel

$$H = 60 + \frac{80}{5\,d - 1}$$

wenn H die Höhe des Schornsteins in Fußen, d den Durchmesser oder die Seite des quadratischen Schornsteins ebenfalls in Fußen bezeichnet.

Die Größe der Herdsohle des eigentlichen Schmelzraums beträgt das $3^1/_2$- bis $4^1/_2$fache der Größe der totalen Rostfläche; im Durchschnitt kann man also das 4fache rechnen, oder für 100 Pfund stündlich zu schmelzenden Eisens 4,32 Quadratfuß.

Das Verhältniß zwischen der Länge und der Breite der Herdsohle ist wie 2 bis 3 zu 1.

Hiernach würden sich folgende Zusammenstellungen ergeben:

Um stündlich 100 Pfund Roheisen durch Steinkohlenfeuer in einem Flammofen zu schmelzen, sind erforderlich

totale Rostfläche	1,08 □Fuß
freie Oeffnung der Rostfläche	0,65 □Fuß
bedeckte Rostfläche	0,43 □Fuß
Querschnitt über der Feuerbrücke und der obern Schornsteinmündung	0,260 bis 0,325 □Fuß
desgleichen im Mittel	0,292 □Fuß
Querschnitt des Fuchses	0,10 □Fuß
Größe der Herdsohle	4,32 □Fuß.

Verhältnisse:

$\frac{\text{freie}}{\text{totale}}$ Rostfläche . . . . $\frac{0,6}{1} = {}^3/_5$

$\frac{\text{freie}}{\text{bedeckte}}$ Rostfläche . . . . $\frac{0,6}{0,4} = {}^3/_2$

$\frac{\text{bedeckte}}{\text{totale}}$ Rostfläche . . . . $\frac{0,4}{1} = {}^2/_5$

$$\frac{\text{Querschnitt der Schornsteinmündung}}{\text{freie Rostfläche}} \;.\;.\;.\;.\;.\; = \frac{0{,}45}{1} = {}^{9}/_{20}$$

$$\frac{\text{Querschnitt über der Feuerbrücke}}{\text{freie Rostfläche}} \;.\;.\;.\;.\;.\; = \frac{0{,}45}{1} = {}^{9}/_{20}$$

$$\frac{\text{Querschnitt des Fuchses}}{\text{freie Rostfläche}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; = \frac{0{,}15}{1} = {}^{3}/_{20}$$

$$\frac{\text{Größe der Herdsohle}}{\text{freie Rostfläche}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; = \frac{6\,{}^{2}/_{3}}{1} = \frac{20}{3}$$

$$\frac{\text{Größe der Herdsohle}}{\text{totale Rostfläche}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; = {}^{4}/_{1}$$

$$\frac{\text{Länge der Herdsohle}}{\text{Breite der Herdsohle}} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; = \frac{2{,}5}{1} = {}^{5}/_{2}$$

Die Dauer des eigentlichen Schmelzprozesses beträgt 3 bis 6 Stunden und hiernach ist die stündlich zu schmelzende Eisenmasse zu ermitteln, wenn man die Gesammtmasse des zu schmelzenden Eisens kennt.

Beispiel. Es sind die Dimensionen von einem Flammofen zu bestimmen, welcher in 4 Stunden 80 Centner Roheisen schmelzt. Da derselbe pro Stunde 20 Centner = 2000 Pfund schmelzen soll, so wird nach dem Obigen zu rechnen sein:

totale Rostfläche	=	21,6 □Fuß
freie Rostfläche	=	13,0 □Fuß
bedeckte Rostfläche	=	8,6 □Fuß
Querschnitt über der Feuerbrücke . . .	=	5,82 □Fuß
Querschnitt des Schornsteins	=	5,82 □Fuß
Seite des quadratischen Schornsteins . .	=	2,3 Fuß
Höhe des Schornsteins $= 60 + \frac{80}{10{,}5}$	=	68 Fuß
Querschnitt des Fuchses	=	2 □Fuß
Querschnitt der Herdsohle	=	86,4 □Fuß
Länge der Herdsohle	=	14,75 Fuß
Breite der Herdsohle	=	5,88 Fuß
Breite des Rostes ebenso groß . : . .	=	5,88 Fuß
Länge des Rostes . . . . . . $= \frac{21{,}6}{5{,}88}$	=	3,68 Fuß.

Anstatt der Beförderung des Luftzuges durch den Schornstein hat man auch Flammöfen mit Exhaustoren und solche mit Ventilatoren angebracht. Beide Maschinen sind ihrer Construction nach im Allgemeinen übereinstimmend, und es ist in dieser Beziehung auf §. 60. S. 355 zu verweisen; sie unterscheiden sich nur in Bezug auf ihre Anwendung.

Die Exhaustoren hat man hinter dem Fuchs angebracht, um die heiße Luft herauszufördern, sie wirken daher saugend, und stimmen in dieser Beziehung mit der Wirkung des Schornsteins überein. Die Ventilatoren dagegen wirken blasend; sie treiben die Luft in den Aschenfall und durch diesen zwischen den Roststäben hindurch in den Feuerraum. Beide Anordnungen, sowohl die

Exhaustoren, als die Ventilatoren, haben für den Betrieb der Flammöfen nicht viel Nachahmer gefunden.

Die Flammöfen zum Schmelzen der Bronze unterscheiden sich von denjenigen, welche zum Schmelzen des Roheisens bestimmt sind, im Wesentlichen durch die muldenförmige Gestalt des Herdes, und durch die eigenthümliche Leitung der Flamme.

Die im nächsten Paragraphen enthaltenen Beispiele ausgeführter Flammöfen für Bronze werden dies näher erläutern.

Betrieb der Flammöfen.

Das Einsetzen des Metalls in den Flammofen geschieht durch die Arbeitsöffnung, welche gewöhnlich in einer der längern Seiten des Ofens angebracht ist, und welche man während des Betriebes durch eine eiserne, mit feuerfestem Thon beschlagene Fallthür schließt. Die Fallthür wird mittelst eines eisernen Hebels bewegt, und ist zur leichtern Handhabung durch ein Gegengewicht balancirt.

Während der Ofen im Gange ist, schmiert man die Fugen der Thür mit Lehm zu, oder bewirft sie mit Sand, um die Entweichung der heißen Luft durch diese Fugen möglichst zu vermeiden.

Das in den Flammofen einzusetzende Metall wird in möglichst gleichförmigen Stücken eingebracht; hat man dicke und dünne Stücken gleichzeitig zu schmelzen, so packt man die dünnen Stücke nach unten auf die Herdsohle, und die dickern Stücke nach oben dem Gewölbe näher, weil hier die Einwirkung der Flamme intensiver ist, und man durch das Verfahren leichter zu einem möglichst gleichförmigen Schmelzen gelangt. Aehnlich verfährt man, wenn man Eisen von verschiedener Schmelzbarkeit, also weißes und graues Roheisen zusammen schmelzen muß; das leichter schmelzbare weiße Roheisen wird zu unterst, das strengflüssigere graue Roheisen zu oberst gepackt.

Das Einschichten des Eisens erfordert einige Uebung, namentlich bei Oefen mit geneigten Herden, man legt es in Schichten, die sich kreuzen und dem Durchgange der Flamme die nöthigen Zwischenräume darbieten. Die untern Schichten legt man auch wohl auf Unterlagen von feuerfesten Steinen, um die Flamme noch von unten her durchzulassen, und so eine Erwärmung der Herdsohle zu ermöglichen.

Wenn in einem Ofen zum ersten Mal geschmolzen werden soll, oder wenn der Ofen ein neues Gewölbe erhalten hat, so ist es nöthig ihn vor dem Einsetzen gehörig zu erwärmen. Ueberhaupt ist es empfehlenswerth, den Ofen vor dem Einsetzen des Eisens weißglühend zu machen, und dann erst das Eisen einzutragen. In den meisten Fällen ist jedoch das Einpacken des Eisens in den glühenden Ofen mit zu großen Schwierigkeiten verbunden, und man pflegt das Eisen in den kalten Ofen einzusetzen. Hierdurch wird zwar eine Ersparniß an Kohlen herbeigeführt, allein da das Eisen hier länger mit der Flamme in Berührung ist, so ist der Abbrand, und auch die Veränderung der Qualität des Eisens beträchtlicher.

Das Schüren des Feuers erfolgt am besten etwa alle 10 Minuten; man muß dabei so schnell als möglich zu Werke gehen, um eine Abkühlung durch die in das Schürloch einströmende Luft möglichst zu vermeiden. Wenn man in größern Pausen das Schüren bewirkt, indem man entsprechend größere Quantitäten Brennmaterial auf den Rost bringt, so ist die Abkühlung vielleicht geringer, allein man bekommt keine recht gleichmäßige Flamme.

Das geschmolzene Eisen sammelt sich an der tiefsten Stelle der Herdsohle (dem Sumpf) und wird durch die darüber streichende Flamme flüssig erhalten. Wenn die genügende Quantität Eisen niedergeschmolzen ist, so sticht man ab. Das Ausschöpfen des Eisens mittelst Gießkellen ist bei dem Flammofenbetriebe fast gar nicht mehr üblich. Vor dem Abstechen muß man die an der obern Mündung des Schornsteins befindliche Klappe schließen, und die Verbrennung mäßigen.

Die Schlacke, welche sich beim Schmelzprozeß bildet, fließt mit dem abgestochenen Eisen ab, und muß nach dem Abstich entfernt werden. Man legt daher häufig vor dem Flammofen einen Sumpf an, in welchem sich das abgestochene Eisen sammelt, bevor es in die Formen fließt, und in diesem Sumpf zieht man die Schlacke ab. —

Nachdem das Eisen abgeflossen ist, bricht man mittelst Brechstangen das auf der Herdsohle zurückgebliebene Eisen los, indem man die Herdsohle möglichst zu schonen sucht, und dann ladet man den Ofen auf's Neue, wenn in dem Schmelzprozeß fortgefahren werden soll. Ist dies nicht der Fall, so läßt man ihn langsam abkühlen.

§. 90.

Beschreibung einiger ausgeführten Flammöfen für Eisen- und Bronze-Gießerei.

Die Tafeln XXI., XXII. und XXIII. geben die Zeichnungen einiger ausgeführten Flammöfen zum Schmelzen der Metalle, und zwar stellen die Figuren 1, 2 und 3 auf Taf. XXI. Flammöfen zum Schmelzen des Gußeisens; Fig. 4 auf Taf. XXI., sowie Taf. XXII. und Taf. XXIII. Flammöfen zum Schmelzen der Bronze dar.

Taf. XXI. Fig. 1 zeigt einen Flammofen zum Umschmelzen von Roheisen aus der Königlichen Eisengießerei zu Berlin. Die Haltungsfähigkeit des Ofens ist 50 bis 60 Centner, welche in 4 Stunden geschmolzen werden, nachdem etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden auf das Anwärmen verwendet worden sind. Fig. 1^a ist der Längenschnitt des Ofens, Fig. 1^b der Horizontalschnitt, Fig. 1^c die Ansicht von der Seite der Eintrags-Oeffnung, Fig. 1^d die Ansicht von der Seite der Feuerung; sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. A ist der Rost, B die Oeffnung zum Eintragen des Brennmaterials. Die Rostfläche liegt 18 Zoll unter der Oberkante der Feuerbrücke C. Das Deckengewölbe D senkt sich nach dem Sumpf des Ofens E hin, an dessen tiefstem Punkte die Abstichöffnung F liegt. Die Flamme entweicht durch den Fuchs G nach dem seitwärtsliegenden Schornstein.

Bei H ist die Oeffnung zum Laden des Ofens, welche durch eine Fallthür verschließbar ist. Um den Gang des Ofens beurtheilen zu können, dient das Schauloch J. Zwei Oefen stehen nebeneinander, und der Schornstein zwischen beiden.

Die Herdsohle hat eine Neigung von etwa einem Zoll auf den laufenden Fuß. Je nach dem man mehr oder weniger Eisen zugleich schmelzen will, wird die Höhenlage der Herdsohle durch Verminderung oder Verstärkung des Lehmschlages geändert.

Die Größe der Herdsohle ist etwa . . 42 □Fuß.

Die Größe der Rostfläche etwa . . . . 10 □Fuß.

Das Verhältniß zwischen beiden also . . $= \frac{4,2}{1}$.

Taf. XXI. Fig. 2 stellt einen Flammofen zum Umschmelzen von Eisen aus der Maschinen-Fabrik von F. Wöhlert in Berlin dar. Fig. 2^a ist ein Längenschnitt, Fig. 2^b ein Horizontalschnitt und Fig. 2^c ein Querschnitt durch die Abstichöffnung; sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Der Ofen weicht von den sonst für das Umschmelzen von Roheisen üblichen Formen wesentlich ab. Das Eisen wird durch die Arbeitsthür A auf die Herdsohle aufgesetzt, und zwar in einiger Entfernung von der Feuerbrücke. Die Flamme, welche aus dem Brennmaterial auf dem Roste C entwickelt wird, steigt über die Feuerbrücke, trifft bei B das ungeschmolzene Eisen, und bringt dasselbe in Fluß. Durch die Feuerthür D wird das Brennmaterial eingetragen. Sobald das Eisen geschmolzen ist, fließt es aus dem Schmelzraum in den muldenförmigen Sammelraum E, aus welchem es abgestochen wird, und zwar an der Langseite des Ofens. Der Sammelraum ist mit einer Oeffnung F versehen, welche während des Betriebes durch eine Vorsetzplatte von feuerfestem Thon geschlossen erhalten wird; in dieser Thür befindet sich die Abstichöffnung und vor derselben die Abflußrinne G. Ueber der Abstichöffnung liegt ein Schauloch H zur Beobachtung des Ofens. Die Flamme wird an der schmalen Seite des Ofens durch einen Fuchs J abwärts geführt, und gelangt in einem unterirdischen Kanal nach dem entfernt stehenden Schornstein. Nach den über die Verhältnisse des Ofens vorliegenden Angaben ist die totale Rostfläche $12\frac{3}{4}$ Quadratfuß groß, enthält 27 Roststäbe mit $\frac{7}{16}$ Zoll Zwischenraum, wodurch die freie Oeffnung der Rostfläche nur $3\frac{1}{3}$ Quadratfuß groß wird, oder nur etwa $\frac{1}{4}$ von der totalen Rostfläche beträgt.

Der Querschnitt der Oeffnung über der Feuerbrücke ist $5\frac{2}{3}$ Quadratfuß, also 1,7 mal so groß, als die freie Oeffnung; und der Fuchs hat $3\frac{1}{4}$ Quadratfuß Querschnitt, ist also fast eben so groß, als die freie Oeffnung der Rostfläche. Diese Verhältnisse differiren sehr bedeutend mit den im vorigen Paragraphen aufgestellten. Der Verbrauch an Kohlen soll für 100 Pfund Gußeisen zwischen 27 und 36 Pfund Steinkohlen variiren. Um 50 Centner Gußeisen zu schmelzen, braucht man $4\frac{1}{2}$ Stunden. Dies würde pro Stunde etwa 1200 Pfund Eisen geben, so daß die Größe der totalen Rostfläche, welche sich nach unsern Angaben

im vorigen Paragraphen für diese Quantität Eisen auf 13 □Fuß berechnen würde, ungefähr stimmt, während die übrigen Verhältnisse abweichen.

Tafel XXI. Fig. 3 giebt einen gut construirten Flammofen für Gußeisen aus einer bedeutenden und wohl renommirten Maschinenfabrik und Eisengießerei zu Berlin. Fig. 3ª ist der Längendurchschnitt, Fig. 3ᵇ der Horizontalschnitt, Fig. 3ᶜ der Querschnitt in der Nähe der Abstichöffnung; sämmtliche Figuren in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe. Man sieht aus Fig. 3ᶜ, daß die Herdsohle A im Querschnitt muldenförmig eingestampft ist, und aus Fig. 3ᵇ, daß sich die Horizontalprojection nach der Abstichöffnung B und nach dem in der Nähe derselben liegenden Fuchs hin zusammenzieht. Diese Anordnung dürfte empfehlenswerth sein, sowie die Art der Wölbung des Deckengewölbes D. Der Rost E hat eine totale Oberfläche von 14 □Fuß; während die Herdsohle eine Horizontalprojection von etwa 42 Quadratfuß enthält, so daß das Verhältniß zwischen beiden wie 1 : 3 sich herausstellt. Der Rost wird durch die Heizöffnung F beschickt, der Herd durch die Arbeitsthür G. Der Feuerbrücke gegenüber ist bei H ein Schauloch, um den Gang des Ofens beobachten zu können, während J J J Abzugsöffnungen im Rauchgemäuer des Ofens sind, welche die Entweichung der Feuchtigkeit beim Anwärmen des Ofens erleichtern. Der Ofen hat eine Haltungsfähigkeit von 40 bis 50 Centner geschmolzenen Eisens, und mag, nach den gewählten Verhältnissen zu schließen, diese Quantität etwa in $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Stunden niederschmelzen können.

Taf. XXI. Fig. 4 zeigt einen Flammofen zum Schmelzen der Bronze aus der Gießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin. Fig. 4ª ist die Vorderansicht, Fig. 4ᵇ der Horizontalschnitt, Fig. 4ᶜ der Vertikal-Längenschnitt, Fig. 4ᵈ ein Vertikal-Querschnitt durch die Arbeitsöffnung, Fig 4ᵉ ein solcher durch die Abstichöffnung und Fig. 4ᶠ ein solcher durch die Heizöffnung; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{48}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Ofen hat die Abstichöffnung in der einen Längenwand; die Herdsohle dient bei A zum Einsetzen des Schmelzgutes, welches, wenn es niedergeschmolzen ist, in den Schacht B abfließt, dessen tiefste Stelle bei C mit einer Rinne versehen ist, die nach der Abstichöffnung D führt. Das Feuer brennt auf dem Roste E und wird durch die Heizöffnung F beschickt, während die Arbeitsöffnung G zum Eintragen des Schmelzgutes dient. Bei H ist der Fuchs, durch welchen die Flamme in den Schornstein entweicht. Für Kokesfeuerung liegt der Rost etwas zu niedrig, und die Flamme wurde nicht lang genug, um das bei A aufgesetzte Schmelzgut zu treffen; für Steinkohlenfeuerung jedoch dürfte die Construction zu empfehlen sein.

Taf. XXI. Fig. 5 ist ein Tiegelofen aus der Gießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts, dessen Beschreibung bereits auf S. 487 gegeben worden ist.

Taf. XXII. stellt die Schmelzöfen für Bronze in der Königlichen Erzgießerei zu Berlin dar, dieselben, in welchen unter andern die Bronze für das Denkmal Friedrich des Großen zu Berlin von C. Rauch geschmolzen worden ist.

Fig. 1 giebt die Situation und zugleich den Horizontalschnitt der beiden Oefen, von denen der kleinere A für 25 Centner Bronze, der größere B

für 75 Centner Bronze eingerichtet ist. Beide Oefen stehen in einem rechten Winkel gegen einander und münden in einen gemeinschaftlichen Schornstein C, welcher durch eine Zunge D in zwei Abtheilungen M und V geschieden ist.

Fig. 2 auf Taf. XXII. zeigt den Längendurchschnitt des kleinern Ofens A. Bei E ist der Rost, welcher durch die Heizthür F (vergl. Fig. 1) beschickt werden kann.

Die Stichflamme trifft das bei G aufgesetzte Schmelzgut, das durch die Arbeitsthür H eingetragen wird; sobald dasselbe in Fluß geräth, fließt es nach dem tiefsten Theile der Herdsohle, dem Sumpf J ab, sammelt sich hier und wird durch eine in der Seitenwand des Ofens angebrachte, in der Zeichnung nicht sichtbare Abstichöffnung abgestochen.

Die Flamme entweicht durch einen eigenthümlich gelegenen Spalt K in den Fuchs L und gelangt aus diesem durch das in Fig. 1 punktirte Rauchrohr nach dem Schornstein M.

Fig. 3 auf Taf. XXII. giebt den größten der beiden Schmelzöfen in der Königlichen Erzgießerei zu Berlin, welcher für 75 Centner Bronze berechnet ist. Fig. 3^a^ zeigt den Längendurchschnitt, Fig. 3^b^ den Querschnitt durch den Feuerraum, Fig. 3^c^ den Querschnitt durch die Abstichöffnung, Fig. 3^d^ den Querschnitt durch die Arbeitsthür, während der Horizontalquerschnitt aus Fig. 1 zu entnehmen ist. Die Construction dieses Ofens ist ganz analog derjenigen des kleineren Ofens (Fig. 2); nur weichen die Dimensionen und die Verhältnisse etwas ab. N ist wieder der Rost, welcher durch die Heizthür O (Fig. 1) beschickt werden kann; bei P wird das Schmelzgut aufgesetzt und zwar durch die Arbeitsthür Q; sobald es niedergeschmolzen ist, sammelt es sich in dem Sumpf R und kann durch die Abstichöffnung X (Fig. 3^c^) abgestochen werden. Die Flamme entweicht auch hier durch einen Schlitz S im Deckengewölbe des Ofens, wird anfangs durch einen niedersteigenden Zweig T des Fuchses abwärts und dann durch ein ansteigendes Rohr U steigend in den Schornstein V geführt.

Die sämmtlichen Figuren der Tafel XXII sind in $1/_{24}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Taf. XXIII. giebt die Zeichnung eines Schmelzofens für Bronze, nach der Construction des in der Königl. bayerischen Erzgießerei in München ausgeführten Ofens. Fig. a zeigt die Ansicht von der Seite der Einsetzthür, Fig. b die Ansicht von der Seite der Abstichöffnung, Fig. c einen Vertikalschnitt durch die Feuerung und durch die Abstichöffnung, zugleich durch die vor dem Ofen befindliche Dammgrube, Fig. d einen Vertikalschnitt durch die beiden gegenüber liegenden Einsetzöffnungen, Fig. e ist ein Horizontalschnitt durch die Herdsohle und den Feuerraum des Ofens, Fig. f ein Horizontalschnitt durch die Dammgrube und den Aschenfall, Fig. g endlich ein Horizontalschnitt durch die Feuerkanäle, unmittelbar über dem Ofen.

Der Schmelzraum A des Ofens ist in der Horizontalprojektion kreisförmig, die Herdsohle ist muldenförmig und in der Mitte nach der Abstichöffnung B hin etwas geneigt. Während des Schmelzbetriebes ist die Abstichöffnung durch einen Thonpfropfen geschlossen, sobald aber das Metall abgestochen

werden soll, stößt man den Thonpfropfen fort, und leitet es in die Form, welche unmittelbar vor dem Ofen in der Dammgrube C (Fig. c und f) eingestampft ist. Die Dammgrube ist durch einen Communikationsweg D D mit Treppenstufen von der Hinterseite des Ofens zugänglich, wodurch die Arbeiten in der Dammgrube wesentlich erleichtert werden. Diese Communikation führt auch zum Aschenfall E und gestattet das Reinigen desselben.

Die Beschickung des Ofens geschieht durch zwei Entsetzöffnungen F F, welche einander gegenüber liegen und durch Fallthüren (Fig. a) verschließbar sind. Durch diese Oeffnungen wird zuerst das Kupfer eingetragen, später setzt man das Zinn hinzu und rührt die geschmolzene Masse mit birkenen Stangen um. Die Flamme wird auf dem Rost G erzeugt, sie schlägt über die Feuerbrücke H und vertheilt sich im Raume des Ofens, aus welchem sie durch acht Abzugsöffnungen J J J entweichen kann. Diese Abzugsöffnungen liegen ziemlich niedrig über der Herdsohle, sie durchbrechen die Seitenwände des Ofens und treten bei K K (Fig. g) als gemauerte Rauchröhren unmittelbar über dem obern Plateau des Ofens zu Tage. Je eine dieser Abzugsöffnungen liegt über jeder Einsetzöffnung und mündet unmittelbar in den Schornstein L, welcher ebenfalls über der Einsetzöffnung sich erhebt. Es sind also zwei Schornsteine vorhanden, deren Querschnitt ein Rechteck ist, in dessen schmale Seiten die Fuchsröhren M M einmünden, welche die Verlängerungen der Rauchröhren K K bilden. Um die Rauchröhren K K leicht ergänzen zu können, wenn die feuerfesten Steine, aus welchen sie bestehen, einer Reparatur bedürfen, sind sie so angeordnet, daß sie von dem Plateau über dem Ofen durch die Oeffnungen N N, oder von Außen her durch die Oeffnungen O O leicht zugänglich sind. Es versteht sich von selbst, daß während der Ofen im Betriebe ist, die Oeffnungen N′ N′, welche die Zugänge zu den Schornsteinen bilden und zum Reinigen und Ausbessern derselben dienen, verschlossen sein müssen.

Die Beschickung des Rostes G′ erfolgt durch die Heizöffnung P von der Heizkammer Q aus, von derselben ist auch das Plateau über dem Ofen mittelst der Thür R zugänglich.

Aus den Zeichnungen sind die schmiedeeisernen Verankerungen des Ofens ersichtlich, auch sind die Hauptmaaße in bayerischen Zollen und Fußen eingeschrieben. Die Zeichnungen sind sämmtlich in $^1/_{120}$ der natürlichen Größe ausgeführt. 1 bayerischer Fuß ist gleich 0,930 preußische Fuß, 1 preußischer Fuß gleich 1,075 bayerische Fuß.

Der Ofen faßt etwa 250 Centner Bronze in geschmolzenem Zustande.

§. 91.

Das Gießen selbst. — Gießkellen und Gießpfannen. — Praktische Notizen über das Verfahren beim Gießen.

Die vierte Hauptoperation bei der Gießerei der Metalle ist das eigentliche Gießen oder die Füllung der Formen mit dem geschmolzenen Metall (§. 77. S. 442).

Wenn eine genügende Menge flüssigen Metalls vorräthig ist, so erfolgt der Abstich, und nun läßt man das geschmolzene Metall entweder mittelst einer in der Herdsohle angebrachten Rinne (Masselgraben) unmittelbar in die Form fließen, oder man sammelt es in Gefäßen (Gießkellen, Gießpfannen) und transportirt es in diesen zu den Formen, die man durch Neigung der Gefäße und indem man das Metall aus denselben ausgießt, füllt.

Die erste Methode, das flüssige Metall aus den Abstichöffnungen unmittelbar in die Formen fließen zu lassen, ist nur bei sehr großen Gußstücken und dann anwendbar, wenn die Formen sich in unmittelbarer Nähe der Abstichöffnung befinden. In den meisten Fällen bedient man sich der Gießkellen und Gießpfannen. Wenn das Schmelzen in Tiegeln erfolgt, so kann man entweder die Tiegel unmittelbar mit einer Zange ergreifen und in die Form ausgießen, wenn nämlich der Tiegelinhalt der Metallmasse entspricht, welche zum Füllen der Form nöthig ist, oder man gießt den Inhalt mehrerer Tiegel in einen größern Tiegel, oder in eine Gießpfanne zusammen, wenn zum Füllen der Form der Inhalt eines Tiegels nicht ausreicht.

Jene Gefäße sind entweder aus Schmiedeeisen oder aus Gußeisen; ihre Form und Construction richtet sich im Wesentlichen nach der Art, wie sie transportirt werden sollen. Die kleinsten Gefäße sind Gießkellen, welche mit Stielen von 3 bis 4 Fuß Länge versehen sind und von einem Manne transportirt werden können, sie enthalten 45 bis 65 Pfund geschmolzenen Eisens; eine größere Menge kann nicht füglich von einem Arbeiter fortgetragen werden.

Für größere Quantitäten von zwei bis vier Centner bedient man sich der Gießpfannen, welche vermittelst doppelter Handhabe gehoben und getragen werden können; zu ihrem Transporte sind drei bis fünf Mann erforderlich. Der Stiel ist nach der Größe der Pfanne 6 bis 8 Fuß lang; er ist zu beiden Seiten dieser Pfanne, auf der einen Seite jedoch einfach, auf der andern Seite doppelt in Form einer Gabel oder Scheerendeichsel vorhanden; das Kippen der Pfanne geschieht durch die Arbeiter, welche an diesem gabelförmigen Stiele wirken. Noch größere Quantitäten Eisen werden in der Krahnpfanne mittelst des Gießereikrahnes gehoben und transportirt. Die Krahnpfannen sind von verschiedener Größe und fassen etwa 60 bis 120 Centner Gußeisen; sie sind mit Drehzapfen versehen, mit welchen sie in die Gehänge des Gießereikrahnes eingehängt werden. Die Drehaxe liegt ein klein wenig über dem Schwerpunkt des gefüllten Gefäßes, so daß sie sich leicht neigen lassen, ohne daß man genöthigt ist das ganze Gewicht der geschmolzenen Flüssigkeit zu heben. Man muß sich aber hüten sie zu voll zu füllen, weil sich sonst leicht der Schwerpunkt der gefüllten Pfanne über die Drehaxe verlegt und dadurch eine zu große Geneigtheit zum Kippen entsteht. Größere Gewichtsmenge als etwa 120 bis 150 Cntr. hebt man nicht mehr in einer Krahnpfanne, sondern vertheilt sie in mehrere Pfannen. Die Construction des Gießereikrahnes ist bereits früher beschrieben worden. (§. 84, S. 483).

Die Anwendung der geschmiedeten Pfannen, welche aus Eisenblech von etwa $^3/_8$ Zoll Dicke getrieben oder auch zusammengenietet sind, ist der Anwendung gegossener Pfannen vorzuziehen, theils da sie wegen der geringern Dicke leichter

sind, theils weil sie weniger gefährlich als die gegossenen Pfannen, die bei einer Wandstärke von $^3/_4$ bis $^5/_4$ Zoll vermöge des beträchtlichen Temperaturwechsels leicht dem Springen ausgesetzt sind.

Alle diese Gießgefäße sind im Innern mit einer etwa 1 bis 2 Linien dicken Lage von Thon und Pferdemist überzogen, der gehörig getrocknet ist, und den man vor dem Gebrauch mit Formerschwärze (vergl. S. 469) überbürstet, die man gleichfalls trocknen läßt. Dieser Ueberzug dient als schlechter Leiter, theils um die schnelle Abkühlung des flüssigen Inhaltes zu vermeiden, theils um das Eisen der Pfanne vor dem Anbrennen zu schützen. Da aber durch diesen Ueberzug der Rauminhalt der Pfanne vermindert wird, und da man überdies die Pfanne niemals ganz voll füllt, so berechnet man den Rauminhalt der Pfanne stets um $^1/_4$ bis $^1/_5$ größer als das Volum des geschmolzenen Eisens, welches dieselbe fassen soll.

Ein passendes Sortiment von Gießpfannen für eine Eisengießerei, welche Gegenstände für den Maschinenbau liefern soll, möchte etwa folgendes sein:

20 bis 30	Stück	kleine Gießkellen	für	30 bis 70 Pfund.
3 — 4	„	„ Gießpfannen	„	1 Centner.
2 — 3	„	„ „	„	1½ „
1 — 2	„	größere Gießpfannen	„	2 bis 3 Centner.
1 — 2	„	„ „	„	4 bis 6 „
1	Krahnpfanne	für		8 Centner.
1	„	„		16 „
1	„	„		30 „
1	„	„		60 „
1	„	„		100 „
1	„	„		150 „

Zum Gießen gehört Gewandtheit, Geschicklichkeit und Erfahrung, und namentlich sind es gewisse Punkte, auf welche ein tüchtiger Gießer zu achten hat. Hierher gehören namentlich die in Folgendem hervorgehobenen Umstände.

Die Temperatur des flüssigen Metalls, in dem Augenblick, wo es in die Form gegossen werden soll, ist nicht gleichgiltig. Das aus dem Ofen kommende Metall hat meist eine bedeutend höhere Temperatur, als der Schmelzpunkt desselben liegt; je höher die Temperatur oder nach der technischen Bezeichnung je „hitziger" das Metall ist, desto dünnflüssiger ist es, desto besser füllt es die Form, aber desto mehr greift es dieselbe an, und verbrennt die Oberfläche derselben, desto länger endlich dauert die Abkühlung.

Je geringer die Temperatur ist, oder nach der technischen Bezeichnung, je matter das geschmolzene Metall ist, desto schwerer füllt es die Form und desto schneller erstarrt es. Nach dem Volum, nach der Gestalt und nach der Massenvertheilung des zu gießenden Stückes hat der Gießer die geeignete Temperatur zu beurtheilen; als allgemeine Regel gilt dabei, daß je kleiner und dünner die einzelnen Theile eines Gußstückes sind, desto hitziger kann das Metall sein, wenn es in die Form gegossen wird, und je schwerer und massenhafter das Gußstück ist, desto matter kann das zu gießende Metall sein.

Wenn geschmolzenes Gußeisen sehr hitzig ist, so zeigt es ein prächtiges Funkensprühen, viel lebhafter als Schmiedeeisen in der Weißglühhitze; in dem Maaße, wie das Metall matter wird, verliert sich das Funkensprühen, es wird anfangs seltener und hört endlich ganz auf. Nun aber bemerkt man auf der Oberfläche des flüssigen Eisens eigenthümliche Bewegungen, eine Menge von Fäden oder Linien windet und zieht sich nach allen Richtungen, gleichsam als ob die ganze Oberfläche des Eisens mit Tausenden von feurigen Regenwürmern, die sich in der lebhaftesten Bewegung befinden, bedeckt wäre. Auch diese Erscheinung nimmt allmählig ab, je weiter das Eisen abkühlt, und verschwindet im Augenblick des Erstarrens vollständig. Je weicher das Gußeisen ist, desto lebhafter zeigt sich diese zitternde Bewegung an seiner Oberfläche.

Sobald nun das heiße geschmolzene Metall mit der Form in Berührung kommt, tritt eine mehr oder minder lebhafte Gasentwickelung ein; dieselbe ist beim Gußeisen, dessen Temperatur immer beträchtlicher ist, als die des geschmolzenen Messings oder der geschmolzenen Bronze, viel lebhafter, als bei diesen letztgenannten Metallen. Die Gasentwickelung hat theils in der Unreinigkeit des Formmaterials ihren Grund, wenn der Lehm oder der Formsand vegetabilische Theile enthalten, theils in dem Wassergehalt der Form, welcher nicht nur zu Wasserdampf verflüchtigt wird, sondern auch in Berührung mit dem glühenden Eisen sich in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Der erstere entweicht entweder als Wasserstoffgas, oder er verbindet sich mit dem Kohlenstoff, welchen die Form stets enthält, zu Kohlenwasserstoffgas, und muß aus der Form herausgetrieben werden. Zu diesem Zweck muß die Form mit zahlreichen Oeffnungen, die mittelst Drähten und Luftstechern angebracht werden, versehen sein.

Das Entweichen der Gasarten wird wesentlich erleichtert, wenn man die brennbaren Gase sofort nach ihrem Austritt aus dem Formkasten anzündet und verbrennt. Zu diesem Zwecke legt man in der Nähe der Luftöffnungen der Eingüsse und der Formkastenfugen Stroh oder trockene Hobelspähne, welche man beim Beginn des Füllens der Form anzündet und durch deren Flamme die entweichenden brennbaren Gase in Brand gesetzt werden; dieselben verbrennen gewöhnlich mit schwacher blauer Flamme.

Zuweilen ist es nöthig, die Form vor dem Anfüllen mehr oder weniger stark zu erwärmen. Dies kommt z. B. vor, wenn man schmiedeeiserne Stücke in die Form eingelegt hat, um sie in das Eisen einzugießen, wie unter andern die schmiedeeisernen Speichen der Eisenbahnwagenräder, die mit gußeisernen Naben versehen sind. Dies Erwärmen der Form kann dadurch bewirkt werden, daß man die Form außer mit der Eingußöffnung noch mit einer, im tiefsten Punkte liegenden Ausflußöffnung versieht. Man gießt nun anfangs das Eisen oben ein und läßt es bei geöffneter Ausflußöffnung durch die Form hindurch fließen; ist selbige genugsam erwärmt, so verschließt man die Ausflußöffnung und füllt die Form an.

Beim Gießen sehr großer Gegenstände in offenen Formen, wie z. B. bei großen Fundamentplatten, bei Trägern, Wellen und dergl., zeigt sich oft ein prächtiges und großartiges Funkensprühen.

Das Metall wird durch einen Masselgraben unmittelbar aus dem Ofen in eine Vertiefung, den Sumpf geleitet, der in der Nähe der Formen liegt; hier sammelt man das Metall an, reinigt es von den Schlacken und sonstigen Unreinigkeiten und läßt es schließlich, nachdem es sich auf eine passende Temperatur abgekühlt hat, mittelst einer Art von Schützöffnung, die oft mit Hilfe einer mit Lehm beschlagenen Blechschaufel gebildet wird, in die Formen abfließen. Durch die Schütze hat man ein Mittel, die Menge des abfließenden Metalls und so folglich auch die Geschwindigkeit, mit welcher es die Formen füllt, zu reguliren. Sobald das Metall anfängt zu erstarren, bewirft man die offene Form mit Sand.

Obgleich bei dem Gießen in offenen Formen die Luft auf die directeste Weise nach oben entweichen kann, so muß man doch wegen der Gasarten, die sich erst nach dem Füllen der Formen bilden, auch von unten her Luftabzüge anbringen, weil sonst die Luft die untere Fläche des Eisens blasig und uneben macht.

Die in Formkasten geformten Gegenstände werden bei der Eisengießerei gewöhnlich liegend, bei der Messing- und Bronzegießerei dagegen stehend, d. h. so gegossen, daß die Fuge der beiden Hälften des Formkastens vertikal, oder wenigstens geneigt ist.

Das geschmolzene Roheisen wird in Gießkellen oder in Gießpfannen nach dem Formkasten transportirt und in der Nähe der Eingüsse aufgestellt; durch hölzerne Kratzen entfernt man von der Oberfläche die Schlacken und Unreinigkeiten und ist auch während des Ausgießens der Kelle oder der Pfanne bemüht, die Unreinigkeiten zurückzuhalten. Die Anzahl, die Lage, die Höhe der Eingüsse, welche die Form bekommt, ist abhängig von mancherlei Umständen; gewöhnlich macht man zwei Eingüsse, von denen der eine zum Füllen der Form dient, während durch den andern die Luft entweichen, auch zuletzt das Metall in die Höhe steigen und die Unreinigkeiten absetzen kann.

Bei sehr großen Gußstücken ordnet man häufig sogenannte verlorne Köpfe an, welche eine hinreichende Menge von flüssigem Metall enthalten, um beim Zusammenziehen des Gußstückes Material herzugeben und das Saugen des Gußstückes zu vermeiden (vergl. §. 81, S. 467 und §. 36, S. 237). Es ist nicht unzweckmäßig, durch Auf- und Niederstoßen einer schmiedeeisernen Stange in dem verlorenen Kopfe, das Metall in Bewegung zu erhalten, so lange bis die Erstarrung eintritt; hierdurch wird sowohl der Austritt der etwa eingeschlossenen Luft, als das Nachsinken des geschmolzenen Metalls erleichtert.

Es ist schon früher erwähnt worden, daß man auch für solche Gegenstände, die sehr dicht und durchweg gesund sein sollen, verlorene Köpfe anwendet.

Wenn man Cylinder von mäßiger Größe zu gießen hat, so leitet man das Metall entweder aus dem Sumpf (s. oben) oder aus den Gießpfannen durch zwei abwärts steigende Kanäle mit Seitenarmen in die Form. Die Seitenarme münden tangential, und etwa auf ein Drittel der ganzen Höhe der Form in diese ein; hierdurch erhält das Metall in der Form eine drehende Bewegung, steigt in der Form in die Höhe und treibt die Unreinigkeiten mit großer Leichtigkeit nach der Oberfläche.

Bei sehr großen Cylindern legt man den Sumpf, in welchem das Eisen aus dem Flammofen gesammelt wird, kreisförmig, rings um die Form an, eine Menge Kanäle (bis zu dreißig bei sehr großen Cylindern) führen von dem Sumpf nach der in der Dammgrube stehenden Form, neben diesen Kanälen sind die entsprechenden Luftöffnungen angebracht; durch Schaufeln, die mit Lehm beschlagen sind, werden die Kanäle von der Dammgrube abgesperrt, an jeder Schaufel steht ein Arbeiter, und wenn Alles zum Gusse vorbereitet ist, ziehen sämmtliche Arbeiter gleichzeitig auf ein gegebenes Zeichen oder auf ein Kommandowort die Schaufeln in die Höhe und lassen durch alle Eingüsse das Eisen gleichzeitig einfließen.

Wenn das Eisen erstarrt ist, so hört die Nothwendigkeit auf, die Form gegen den hydrostatischen Druck des geschmolzenen und flüssigen Eisens zu sichern. Man muß dann sofort bei allen Gegenständen mit Kernen, namentlich bei sehr verstrebten gemauerten Kernen, wie sie bei größern Cylindern vorkommen, die Kerne zu entfernen suchen, damit der Zusammenziehung der erstarrten Eisenmasse kein Hinderniß im Wege ist. Lehm- oder Masse-Kerne sind meist an und für sich nachgiebig genug, um dem Druck des sich zusammenziehenden Eisens kein wesentliches Hinderniß darzubieten.

§. 92.

Vollendung der Gußwaaren. — Allgemeine Einrichtung der Metall- und der Eisen-Gießereien.

Die fünfte und letzte Hauptoperation, welche zum Betriebe der Gießerei gehört, ist das Ausheben des Gußstückes aus der Form und das Reinigen desselben von den anhängenden Theilen des Formmaterials, sowie das Entfernen der Kerne aus den Höhlungen des Gußstückes (vergl. §. 77, S. 442). Diese beiden letzten Operationen nennt man das Putzen des Gußstückes. — Zuweilen bekommt das so vollendete Gußstück noch in der Gießerei einen Ueberzug oder Anstrich, um es vor dem Rosten zu schützen und um ihm ein besseres Ansehen zu geben.

Das Ausheben des Gußstückes aus der Form ist in der Regel mit keinen besondern Schwierigkeiten verbunden, da in den meisten Fällen die Form zerstört wird; man pflegt bald nach der Erstarrung des Gußeisens und noch vor der vollständigen Abkühlung damit vorzugehen, theils um die Abkühlung zu beschleunigen, theils um in der Gießerei Platz für die Anfertigung neuer Formen zu gewinnen.

Sind die Gußstücke von großen und zusammenhängenden Massen, so wartet man mit dem Ausheben länger, als bei kleinen Gußstücken, weil man die Abkühlung der äußern Begrenzung lieber etwas mehr zurückhält, als beschleunigt.

Die aus der Form befreiten Gußstücke werden sofort aus der Gießerei geschafft und entweder im Freien auf dem Hofe vor der Gießerei, oder unter leichten Schuppen aufgestellt, um das Putzen vorzunehmen.

Das Putzen der Gußstücke geschieht in den allermeisten Fällen durch Handarbeit, nur bei besondern Arbeiten von Gußwaaren durch Maschinenbetrieb. So werden z. B. Kugeln, namentlich Kartätschkugeln und kleinere

Kanonenkugeln dadurch geputzt, daß man eine angemessene Anzahl in eine horizontale hölzerne, mit eisernen Reifen gebundene Trommel bringt, die Trommel verschließt und mit mäßiger Geschwindigkeit umdreht. Hierdurch reiben sich die Kugeln gegenseitig ziemlich glatt und rein ab.

Zum Putzen bedient man sich der Meißel und Spitzhämmer, um die Eingüsse und die Gußnähte abzuarbeiten, ferner wendet man grobe Feilen an, um den angebrannten Sand von der Oberfläche herunterzubringen. Diese Feilen bestehen oft aus gegossenen, mit passenden zahnförmigen Einkerbungen versehenen Stäben, die bald gerade, bald in Winkeln gebogen, bald gekrümmt dargestellt werden, um in die Vertiefungen und Ecken hineinzukommen. Endlich wendet man häufig zum Putzen der Gußstücke auch Schleifsteine an, auf denen man entweder trocken oder mit Wasser die Oberfläche blank schleift.

Die fernere Bearbeitung der Gußstücke durch Hobeln, Drehen, Bohren gehört in den folgenden Abschnitt dieser Abhandlung.

Manche Gußstücke überzieht man nach dem Putzen mit einer Art Lack oder mit einem Anstrich. Für feinere Gußwaaren, z. B. bei Verzierungen, Medaillen u. s. w. wendet man zu diesem Ueberzuge Leinölfirniß an, welcher mit einer Beimengung von feinem Ruß nach dem Eintrocknen eine recht haltbare schwarze Farbe liefert. Man kann den Firniß auch warm auftragen, d. h. man erwärmt die Gußwaaren bis zur ersten Anlauffarbe, trägt dann den Firniß auf und erhält die Gußwaaren in der genannten Temperatur, bis der Firniß vollkommen getrocknet ist.

Gröbere Gußwaaren werden mit heißem Steinkohlentheer überzogen und dann erwärmt, so lange bis der Theer keine Dämpfe mehr entwickelt, und das Gußstück mit einer schwarzen Decke überzogen erscheint.

Ein sehr guter Ueberzug für bearbeitete oder blanke Gußeisenstücke ist weißes Wachs. Man erwärmt das Gußstück so lange, bis das Wachs beim Ueberreiben der Oberfläche flüssig wird und haften bleibt, worauf man den schwachen Wachsüberzug mit einer Bürste abreibt.

Nicht selten bekommen die gegossenen Eisenwaaren einen Anstrich von Oelfarbe. Wenn derselbe im Freien haltbar sein soll, so müssen die Eisentheile vorher grundirt werden, d. h. man überstreicht sie mit Mennige, welche in Leinölfirniß abgerieben ist. Nachdem dieser Anstrich gehörig getrocknet ist, kann man die Oelfarbe darüber setzen.

Karmarsch*) empfiehlt zum Anstreichen von Eisenwaaren noch folgende Recepte:

1 Theil Asphalt und 1 Theil Colophonium, beide gröblich zerstoßen und zusammen mittelst der Hitze in 8 Theilen Kiehnöl aufgelöst, geben einen guten schwarzen Anstrich für grobes Eisenwerk, derselbe kann nöthigenfalls beim Auftragen durch Zusatz von etwas Kiehnöl noch verdünnt werden.

Erdtheer, den man in einem Kessel durch Abdampfen von einem Theil seines Oelgehaltes befreit, dann heiß auf das ebenfalls erhitzte Eisen aufstreicht,

*) Mech. Techn. I. S. 494.

ist ein sehr zäher und haltbarer Ueberzug, welcher allen Unbilden der Witterung widersteht, und zur Verschönerung mit einer beliebigen Oelfarbe gedeckt werden kann.

Um eiserne Gegenstände gegen Rost selbst im Seewasser zu schützen, wird zweimaliges Anstreichen mit einer aus vier Theilen sehr feinen Ziegelmehls, einem Theil Bleiglätte, und der nöthigen Menge Leinölfirniß breiartig angeriebenen, durch Terpentinöl verdünnten Farbe empfohlen.

Ein sehr feines Pulver von metallischem Zink, welches mit Leinölfirniß angemacht wird und dem man einige färbende Stoffe, z. B. Kolkothar, zusetzen kann, soll einen guten, gegen Rost schützenden Anstrich liefern.

Man hat noch eine große Menge von Mitteln, um Gußwaaren theils mit verschönernden, theils mit schützenden Ueberzügen zu versehen. Hierher gehören außer den genannten unter andern folgende. Das Abbeizen, Abbrennen und Gelbbrennen, das Ueberziehen mit metallischen Ueberzügen, das Emailliren, Irisiren, Brüniren und Bronziren u. s. w. Da aber alle diese Methoden im Maschinenbau fast gar keine, oder doch nur eine sehr untergeordnete Anwendung finden, so können wir uns hier damit begnügen, auf Karmarsch treffliches „Handbuch der mechanischen Technologie" zu verweisen, wo sich eine große Menge von Recepten und Verfahrungs-Methoden zusammengestellt findet. Ueber das Emailliren von Kochgeschirren ist auch Karsten's „Handbuch der Eisenhüttenkunde" III. Theil nachzusehen.

Allgemeine Anordnung der Gießereien.

Die Werkstätten, welche zum Betriebe der Gießerei dienen, pflegt man mit der kurzen Bezeichnung „Eisengießerei," — Metall- oder Bronze-Gießerei u. s. w. zu bezeichnen; auch pflegt man dieselben „die Gießhütte" oder kurz „die Hütte" zu nennen. Man versteht darunter den Inbegriff derjenigen Räumlichkeiten, in welchen das Schmelzen des Metalles, die Herstellung der Formen, das Füllen der Formen oder die eigentliche Gießarbeit und endlich das Abputzen der Gußstücke vorgenommen wird. Die Werkstätte zur Anfertigung der Modelle pflegt man nicht zur eigentlichen Gießerei-Werkstätte zu rechnen, sie bildet eine für sich bestehende Hilfswerkstatt, die sich oft in einiger Entfernung von der eigentlichen Gießerei befindet.

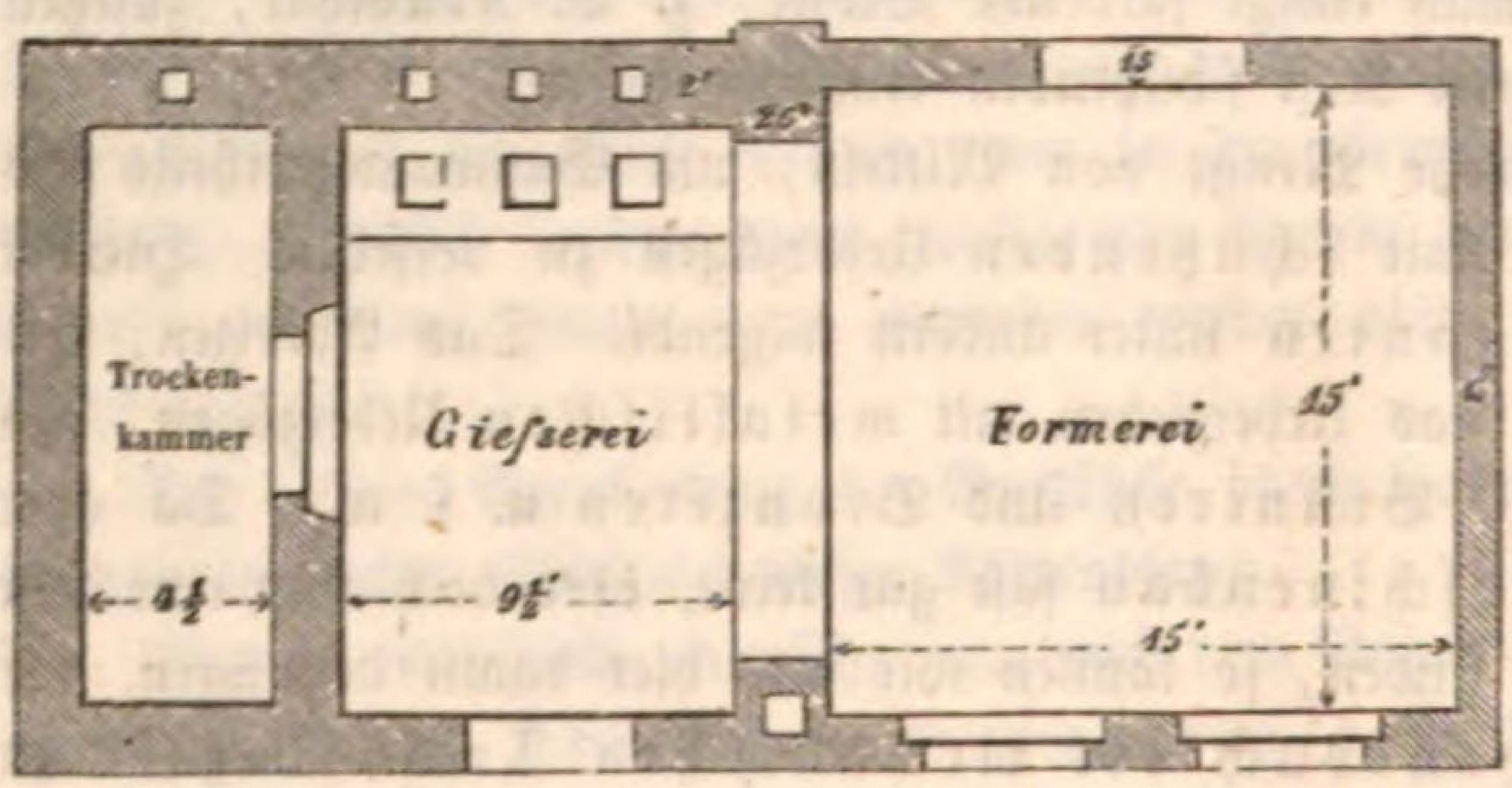
Ueber die Einrichtung der Modellwerkstätten ist schon früher (§. 78) ausführlicher gesprochen worden.

Die Messing- und Bronze-Gießereien zur Herstellung kleiner Maschinentheile aus Bronze sind gewöhnlich mit einigen Tiegelöfen versehen, die in einem überwölbten Raume, entweder im Souterrain oder im Parterre des Fabrikgebäudes aufgestellt sind. Vor den Tiegelöfen ist ein massives Pflaster aus Mauersteinen, aus Sandsteinplatten oder aus Estrich, und an den Fensterwänden des Gießereiraumes befinden sich Werktische zur Aufstellung der Formen. Neben dem Raume für die Gießerei liegt eine Trockenkammer, um die Lehm- und Masseformen zu trocknen.

Die Herstellung der Formen kann bei kleinen Gießereien in demselben Raume, in welchem sich die Oefen befinden, in größern Gießereien in

einem daneben oder darüber befindlichen Raume vorgenommen werden. Taf. XLII. Fig. 1ᶜ zeigt im Grundriß die Anlage einer kleinen Messinggießerei für eine Maschinenfabrik. Die Tiegelöfen stehen in einer Ecke des rechteckigen Raumes, der Raum vor dem Ofen ist zum Formen bestimmt; die Trockenkammer liegt unmittelbar neben dem Ofen. Der Grundriß des ganzen Raumes mit Einschluß der Oefen ist 22 Fuß lang und 12 Fuß breit, enthält

(78)



also 264 Quadratfuß; der Raum der Trockenkammer hat außerdem 28 Quadratfuß. Die Anordnung einer etwas größern Messinggießerei ist im Holzschnitt 78 nebenstehend skizzirt. Die Schmelzöfen liegen hier in einem besondern mit „Gießerei" bezeichneten Raume, dessen Grundriß etwa 133 Quadratfuß enthält; die Formerei liegt daneben und enthält 225 Quadratfuß; beide zusammen also 358 Quadratfuß; die Trockenkammer ist 63 Quadratfuß groß.

Auf Taf. XLII. in Fig. 2ᵃ und 2ᶜ ist die Anordnung der kleinen Bronze- und Messinggießerei dargestellt, welche zur mechanischen Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin gehört. Der Raum Xᵃ liegt im Erdgeschoß und dient zum Formen; vor demselben liegt ein Raum XII. zur Aufbewahrung der vorräthigen Formkasten, welcher nebenbei auch als Passage benutzt wird, und in demselben ist durch eine leichte Wand ein Raum zur Aufbewahrung der vorräthigen Modelle abgeschieden. Der Schmelzraum Xᵇ mit dem Ofen liegt im Souterrain unter der Formerei, und hängt mit dieser durch eine Treppe zusammen, außerdem ist eine Versenkung mit einer Plattform angebracht, mittelst welcher die Formkasten aus der Formerei in die Gießerei niedergelassen werden können.

In der Gießerei befindet sich die Trockenkammer und neben der Gießerei sind noch einige Kellerräume zur Aufbewahrung des Formsandes.

Im Allgemeinen kann man rechnen, daß man zur Anlage einer kleinen Gießerei mit Tiegelöfen braucht:

Für jeden Tiegelofen wenigstens:

a) für den Ofen mit Aschenfall und Schornstein, je nach der Größe	20 bis 40 □Fuß,
b) zur Formerei	60 — 80 „
c) zur Trockenkammer	10 — 20 „
in Summa also	90 bis 140 □Fuß.

Größere Bronzegießereien mit Flammöfen haben zur Herstellung der Form stets Dammgruben. Neben den Dammgruben muß noch Raum zur Anfertigung kleinerer Theile und Kernstücke der Form sein; außerdem müssen

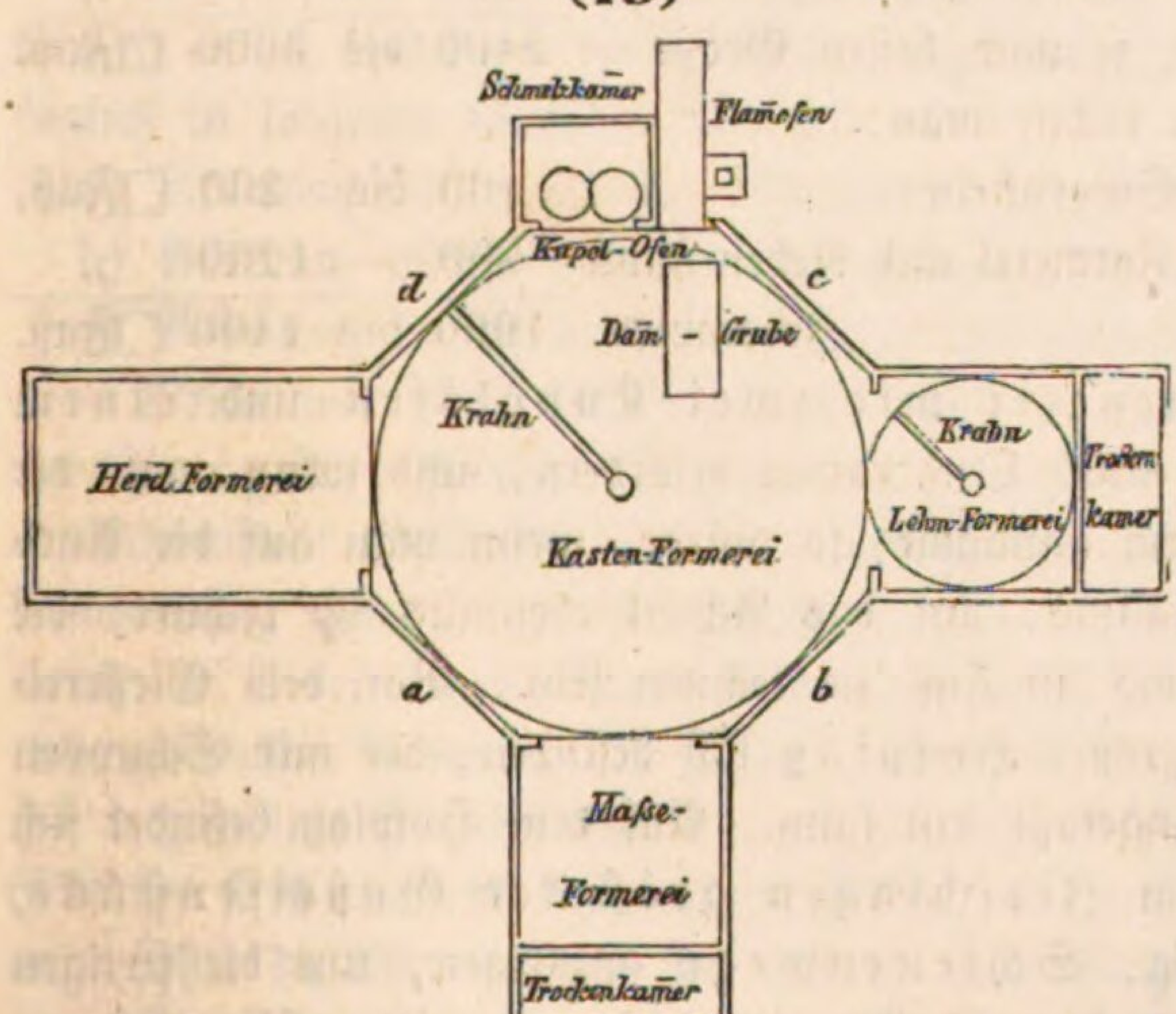
neben der Dammgrube Krahne oder andere Hebemaschinen aufgestellt sein, und endlich ist es zweckmäßig, in der Nähe der Dammgrube ein Schmiedefeuer mit Ambos anzuordnen, um die zur Verstrebung des Kernes nöthigen Eisen zuzurichten und zu biegen.

Allen diesen Anforderungen entspricht die auf Taf. XLII. in Fig. 2ª und 2ᵇ bei XV dargestellte größere Brozegießerei des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin. Der Raum XVª liegt im Parterregeschoß und enthält zwei Flammöfen, von denen einer nach der auf Taf. XXI. Fig. 4 dargestellten und S. 516 beschriebenen Construction; vor jedem Ofen liegt eine Dammgrube, und neben derselben ist ein Krahn aufgestellt. Außerdem enthält die Gießerei noch zwei Tiegelöfen, von denen der eine mit zwei großen Tiegeln auf Taf. XXI. Fig. 5 dargestellt und S. 487 beschrieben ist. Schmiedefeuer, Schraubstock und Ambos sind an der einen schmalen Wand; die Trockenkammer an der gegenüberliegenden schmalen Wand angeordnet. Fig. 2ᵇ zeigt bei XVᵇ das unter der Gießerei liegende Kellergeschoß. Aus dem Raum XVª für die eigentliche Gießerei gelangt man durch den Raum XIIª, welcher als Passage dient, nach der Eiselierwerkstatt IXª, in welcher die gegossenen Kunstsachen ihre Vollendung erhalten.

Die Anordnung der Eisengießereien für Maschinenbau-Anstalten erfordert wegen des viel umfangreichern Betriebes derselben bedeutend größere Räumlichkeiten. Das Gebäude für die Eisengießerei ist fast immer nur einstöckig ohne Kellergeschoß.

Die Schmelzöfen, Kupol- oder Flammöfen stehen entweder innerhalb des Gebäudes, oder auch außerhalb desselben in einem Anbau. Die Flammöfen stehen oft ganz im Freien. Die zweckmäßigste Form des Grundrisses einer Eisengießerei möchte die eines regelmäßigen Achtecks als Hauptraum mit anschließenden Nebenräumen sein, wie sie die Skizze im Holzschnitt 79 darstellt. An der einen Seite des Achtecks liegen die Schmelzöfen; hinter denselben die Schmelzkammer; drei andere Seiten enthalten Anbauten, von denen der eine die Masseformerei, der zweite die Lehmformerei, der dritte die Herdformerei enthält, während der Hauptraum des Achteckes für die Kastenformerei und für die Dammgrube bestimmt bleibt; die vier übrigen Seiten des Achteckes a b c d dienen zur Anordnung der Eingänge und der Fenster. Die Dampfmaschine zum Betriebe des Ventilators und der Kohlen-, Sand- und Lehm-Mühlen liegt in

(79)



einem besondern Gebäude. Die hier skizzirte Anordnung hat den Vortheil, daß sie ohne Schwierigkeit nach allen Richtungen hin bedeutender Erweiterungen fähig ist.

Als Beispiel einer größern Eisengießerei-Anlage geben wir auf Taf. XXV. eine Eisengießerei mit zwei Kupolöfen und einem Flammofen, welche den Bedarf für eine der bedeutendsten Maschinenfabriken bei Berlin liefert. Fig. 1[a] zeigt den Grundriß in $^1/_{360}$ der natürlichen Größe; Fig. 1[b] den Durchschnitt durch die Schmelzkammer und den Raum für die Sandformerei; Fig. 1[c] den Durchschnitt durch die Masseformerei und durch die Trockenkammer; Fig. 1[d] die Hauptfaçade des Hüttengebäudes von der Seite gesehen, welche der Schmelzkammer gegenüber liegt; diese drei Figuren sind in $^1/_{120}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Zeichnungen bedürfen keiner weitern Erläuterung.

Was die Größe der für eine Eisengießerei nöthigen Räumlichkeiten anbetrifft, so läßt sich kaum ein bestimmtes, allgemein gültiges Verhältniß für dieselbe aufstellen; die zur Formerei nöthigen Räumlichkeiten sind gar zu sehr von der Art der zu gießenden Gußwaaren abhängig. Um indessen ungefähre Angaben aufzustellen, mögen folgende gelten, die für eine Eisengießerei passen möchten, in der Maschinentheile für eine Maschinenfabrik gegossen werden, welche Dampfmaschinen verschiedener Größe, größere Werkzeugmaschinen, Mühlwerke und die Betriebs-Einrichtungen für größere Fabriken baut.

Für jeden Kupolofen rechne man:

Raum für den Ofen incl. Neben-Mauerwerkes . . .	80	bis	120	□Fuß,
Raum für die Schmelzkammer	120	—	150	„
Raum für die Formerei, Sand-, Masse- und Lehmformerei durchschnittlich	2000	—	3000	„
Raum für die Trockenkammern und sonstige Nebenräume	200	—	300	„
Zusammen für jeden Kupolofen, je nach dessen Größe .	2400	bis	3600	□Fuß.

Für jeden Flammofen rechne man:

Raum für den Ofen und den Schornstein	100	bis	200	□Fuß,
Raum für die Dammgrube, die Formerei und Nebenräume	900	—	1200	„
Zusammen	1000	bis	1400	□Fuß.

Hiernach würde eine Gießerei mit zwei Kupolöfen und einem Flammofen etwa 5800 bis 8600 Quadratfuß erfordern, und wenn man die im Holzschnitt 79 gewählte Form annähme, so würde, wenn man auf die Ausbauten etwa $^1/_2$ des Gesammtraums, auf das Achteck ebenfalls $^1/_2$ rechnet, die Seite des Achteckes gleich 24 bis 30 Fuß zu rechnen sein. Vor dem Gießerei-Gebäude muß ein hinreichend großer Hofplatz sich befinden, der mit Schuppen zum Putzen der Gußarbeiten eingefaßt sein kann. Auf dem Hofplatz befindet sich auch eine Vorrichtung zum Zerschlagen größerer Gußeisenstücke, und außerdem ist es zweckmäßig, Schienenwege anzulegen, um die fertigen Gußstücke nach den Werkstätten hinzuschaffen, in welchen sie weitere Verarbeitung und Vollendung finden. Zum Heben und Verladen schwerer Gußstücke stellt man auf dem Hofplatz vor der Gießerei auch wohl Krahne oder Hebeböcke auf, sowie zum Wiegen der abzuliefernden Gußstücke nicht selten schwere Wageschaalen oder Brückenwagen vor der Gießerei aufgestellt sind.

Sechster Abschnitt.

Mechanische Werkstätten.

§. 93.

Methoden der Vollendungs-Arbeiten. — Mechanische Werkstätten; Werkzeugmaschinen, Handwerkzeuge.

Nachdem wir in den beiden vorigen Abschnitten die Darstellung der rohen Körperformen aus Metall durch Schmieden und durch Gießen erledigt, und auch diejenigen Arbeiten und Maschinen besprochen haben, welche unmittelbar diesen Operationen als Hilfsmaschinen dienen, bleibt uns nun noch übrig die Art und Weise abzuhandeln, durch welche die rohen Körperformen in scharfe und genau passende umgewandelt werden. Wir haben bereits in §. 55, S. 340 gesehen, daß dies im Allgemeinen dadurch geschieht, daß man die überflüssigen Theile von denselben fortnimmt. Diese Operation wird in den meisten Fällen dadurch ausgeführt, daß man diejenigen Theile, welche über die beabsichtigte genaue Form hervorragen, durch schneidende Werkzeuge entfernt. Keine andere Methode der Bearbeitung gestattet so scharfe und gleichzeitig so schnelle und genaue Darstellung von Körperformen, als die Anwendung schneidender Werkzeuge; indessen wendet man außer dieser Methode, freilich in Maschinenfabriken in viel untergeordneterem Maße, auch noch das Feilen und das Schleifen an.

Wir können daher die zur Vollendung der Körperformen noch übrigen Arbeiten, so weit es sich dabei um die Entfernung überflüssiger Körpertheile handelt, füglich in folgende Gruppen theilen:

a) Arbeiten, welche auf der Anwendung schneidender Werkzeuge beruhen;
b) Arbeiten, welche auf der Anwendung der Feile beruhen;
c) Arbeiten, welche auf der Anwendung des Schleifens beruhen.

Wenn wir diese drei Methoden mit einander vergleichen, so ist die Anwendung der Feile fast ganz allein auf den Handbetrieb beschränkt; die eigenthümliche Beschaffenheit dieser Werkzeuge, welche viel früher in allgemeiner Anwendung waren, als die schneidenden Werkzeuge, macht sie nur geeignet, durch den Arbeiter gehandhabt zu werden, gewährt aber in der Hand eines geübten und geschickten Arbeiters ein Mittel, um Körperformen der complicirtesten Art und mit ungemeiner Feinheit und Genauigkeit herzustellen. Die Anwendung der Feilen ist daher stets ein sehr kostspieliges Mittel zur Bearbeitung der Maschinentheile, und man sollte dieselben überall nur auf die allernöthigsten Fälle zu beschränken suchen.

Die Anwendung der schneidenden Werkzeuge dagegen eignet sich in der vorzüglichsten Weise nicht allein für den Handbetrieb, sondern ganz besonders auch für die Bearbeitung der Metalle durch Maschinen.

Erst seitdem man zur Darstellung der scharfen Körperformen sich vorzugsweise der schneidenden Werkzeuge in Verbindung mit Maschinen, welche dieselben

führen, bedient, ist es gelungen, den Maschinenbau zu einer so hohen Stufe der Vollendung und Genauigkeit zu bringen, wie er sie gegenwärtig einnimmt.

Die Methode der Bearbeitung durch Abschleifen ist wegen ihrer Langsamkeit und wegen der damit verbundenen Ungenauigkeit nur in sehr seltenen Fällen üblich, und wird fast nur da angewendet, wo es mehr darauf ankommt, glatte, blanke und metallisch reine, als sehr genaue Oberflächen darzustellen. Außerdem wendet man das Schleifen an, wo man es mit so harten Körpern zu thun hat, daß sie sich weder durch schneidende Werkzeuge noch durch Feilen bearbeiten lassen, und endlich noch da, wo man sehr geringe Körpertheilchen fortnehmen will, und wo es darauf ankommt, einem beinahe fertigen Körper die letzte Vollendung oder die letzte Politur zu geben.

Die Räume, in welchen die Bearbeitung der rohen Körperformen vorgenommen wird, und welche den Inbegriff sämmtlicher für diesen Zweck erforderlichen Einrichtungen umfassen, nennen wir „mechanische Werkstätten."

Diejenigen Körper, welche unmittelbar mit dem zu bearbeitenden Stück in Berührung sind, welche also unmittelbar die überflüssigen Theile entweder fortschneiden, fortschleifen oder fortfeilen, wollen wir mechanische Werkzeuge nennen. Im Gegensatz zu den mechanischen Werkzeugen unterscheiden wir noch Hilfswerkzeuge, welche theils zum Festhalten der zu bearbeitenden Gegenstände, theils zum Vorzeichnen, Abmessen, Eintheilen u. s. w. dienen.

Die mechanischen Werkzeuge werden entweder von dem Arbeiter frei mit der Hand geführt, so daß derselbe nach seinem Ermessen denselben die Richtung, die Geschwindigkeit der Bewegung und den Druck ertheilt, oder die mechanischen Werkzeuge bilden den Operator (den arbeitenden Theil [s. die Einleitung]) einer Maschine, und die Thätigkeit des Arbeiters erstreckt sich nur auf das Anstellen und auf die Beaufsichtigung der Maschine, allenfalls auch auf deren Bewegung, doch nur in dem Sinne, daß der Arbeiter dem Receptor der Maschine die nöthige bewegende Kraft mittheilt. Im ersten Falle nennen wir die mechanischen Werkzeuge: Handwerkzeuge, im andern Falle nennen wir die Maschinen, welche ein solches Werkzeug führen: „Werkzeugmaschinen."

Nach dem gegenwärtigen Standpunkt des Maschinenbaues, und namentlich mit Rücksicht auf die Konkurrenz, kann man den Grundsatz aufstellen, daß man alle Arbeiten, die sich mit mehr oder wenigstens mit gleicher Genauigkeit, Leichtigkeit und Sicherheit durch Maschinen wie durch Handbetrieb ausführen lassen, stets durch Maschinen sollte bewirken lassen, und daß man so viel als möglich dahin streben sollte, daß für die Bearbeitung durch Handbetrieb nur solche Arbeiten übrig bleiben, welche entweder besonders Nachdenken und besondere Gewandtheit erfordern, oder welche an solchen Stellen geschehen müssen, zu denen man mit dem Betriebe einer Maschine nur sehr schwer oder gar nicht gelangen kann.

Auf der möglichst vollkommenen, möglichst einfachen und möglichst billigen Herstellung von Werkzeugmaschinen zur Verrichtung einer Menge

von Arbeiten, die man sonst nur durch Handarbeit ausführen konnte, ist zur Zeit die Verbesserung und Vervollkommnung in der Maschinenfabrikation wesentlich begründet; in der geschickten, umsichtigen und vollkommenen Benutzung dieser Werkzeugmaschinen liegt die Oekonomie einer guten Maschinenfabrik, und der Aufschwung, welchen der Maschinenbau in Deutschland überhaupt und zuerst in Preußen genommen hat, datirt von dem Zeitpunkt, wo durch des unvergeßlichen Beuth Bemühungen die Einführung und Verbreitung tüchtiger Werkzeugmaschinen in unserem Vaterlande begonnen wurde.

Die Wichtigkeit der Werkzeugmaschinen, welche aus der obigen Darstellung hervorgeht, rechtfertigt hinreichend, daß wir hier den Werkzeugmaschinen vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit schenken. Daß wir mit der Bearbeitung der Maschinentheile durch schneidende Werkzeuge und durch Werkzeugmaschinen beginnen, findet seinen Grund darin, daß diese Anordnung dem Gange entspricht, welchen der zu bearbeitende Maschinentheil von dem Augenblicke der Vollendung seiner rohen Form durch Schmieden oder durch Gießen bis zur vollkommenen Durchbildung seiner scharfen und genauern Form durchzumachen hat. Zuerst werden nämlich alle diejenigen Arbeiten an demselben vorgenommen, welche durch Maschinen auszuführen sind; dann erst werden die Handarbeiten, namentlich das Schleifen und das Feilen, als letzte Vollendung vorgenommen.

§. 94.

Theorie der mechanischen Werkzeuge.

Die Werkzeuge (§. 93), deren man sich zur Bearbeitung der Maschinenbau-Materialien bedient, wirken im Allgemeinen in dreierlei Weise und können hiernach in folgende drei Gruppen eingetheilt werden:

a) Werkzeuge, die ein Abschälen, Absplittern oder Abspalten bewirken;
b) Werkzeuge, die ein Abschaben bewirken;
c) Werkzeuge, die ein Abscheeren bewirken.

Die Werkzeuge der ersten Gruppe nennen wir vorzugsweise schneidende Werkzeuge, sie sind immer mit schneidenden Kanten versehen, welche keilförmig gestaltet sind; der Schneidewinkel dieses Keils überschreitet niemals 60 Grad, ist aber häufig viel kleiner; die eine Flanke des Keils fällt so nahe als möglich mit der Oberfläche zusammen, welche durch das Werkzeug hergestellt werden soll (bei krummen Oberflächen, also mit der Berührungs-Ebene). Die schneidenden Werkzeuge dieser Gruppe beseitigen die fortzunehmenden Körperfasern nach der Richtung ihrer Länge und erzeugen deshalb lange und zusammenhängende Spähne von einer gewissen Breite, indem sie wie ein Keil spaltend wirken.

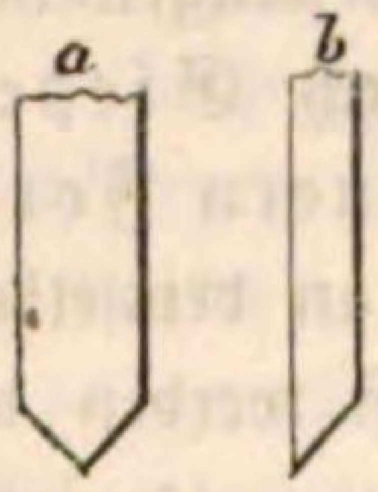
Die Werkzeuge der zweiten Gruppe haben gleichfalls keilförmige Schneiden, doch sind dieselben dicker und kulpiger, als bei der ersten Gruppe; der Kantenwinkel des Keils beträgt gewöhnlich über 60 bis 120 Grad; die Flanken des Keils liegen meist so, daß sie mit der herzustellenden Oberfläche gleiche Winkel bilden, daß also die Halbirungslinie des Schneidewinkels normal ist auf der

herzustellenden Oberfläche; zuweilen ist auch die Anordnung so getroffen, daß eine Flanke des Keils normal zu der herzustellenden Oberfläche ist. Diese Werkzeuge wirken nach allen Richtungen der Faserschichten des Materials ziemlich gleichmäßig und erzeugen pulver- oder staubähnliche Spähne, welche das abgelöste Material in mehr oder weniger feiner Zertheilung enthalten.

Die Werkzeuge der dritten Gruppe endlich haben Schneiden, deren Kantenwinkel zwischen 60 und 90 Grad beträgt; sie sind gewöhnlich doppelt vorhanden, und die eine Flanke des Keils bei der Schneide fällt zusammen mit der darzustellenden Schnittfläche. Die Werkzeuge dieser Gruppe haben wir bereits in §. 73 und 74 nebst den Werkzeugmaschinen erledigt.

Die Keile, welche die Schneiden der Werkzeuge bilden, sind entweder so dargestellt, daß die Hauptfläche des Werkzeugs von zwei Seiten abgeschrägt ist, wie bei a (Holzschnitt 80), oder so, daß diese Hauptfläche die eine Flanke des Keils bildet, während die andere Flanke durch eine Zuschärfung hergestellt wird, wie bei b. Man unterscheidet hiernach doppelt zugeschärfte und einfach zugeschärfte Werkzeuge. Die Form der Schneiden ist stets nach der Bestimmung des Werkzeuges mit Rücksicht auf die oben angeführten Grundsätze zu bestimmen. Da aber die Lage der Flanken der Schneide gegen die darzustellende Oberfläche nach den obigen Erklärungen für die Wirkung der Werkzeuge maaßgebend ist, so wird die Form der Schneide wesentlich durch die Lage des Werkzeuges gegen die zu erzeugende Oberfläche bedingt sein, oder es muß, bei gegebener Form der Schneide, die Lage des Werkzeuges der darzustellenden Oberfläche entsprechend gewählt werden.

(80)



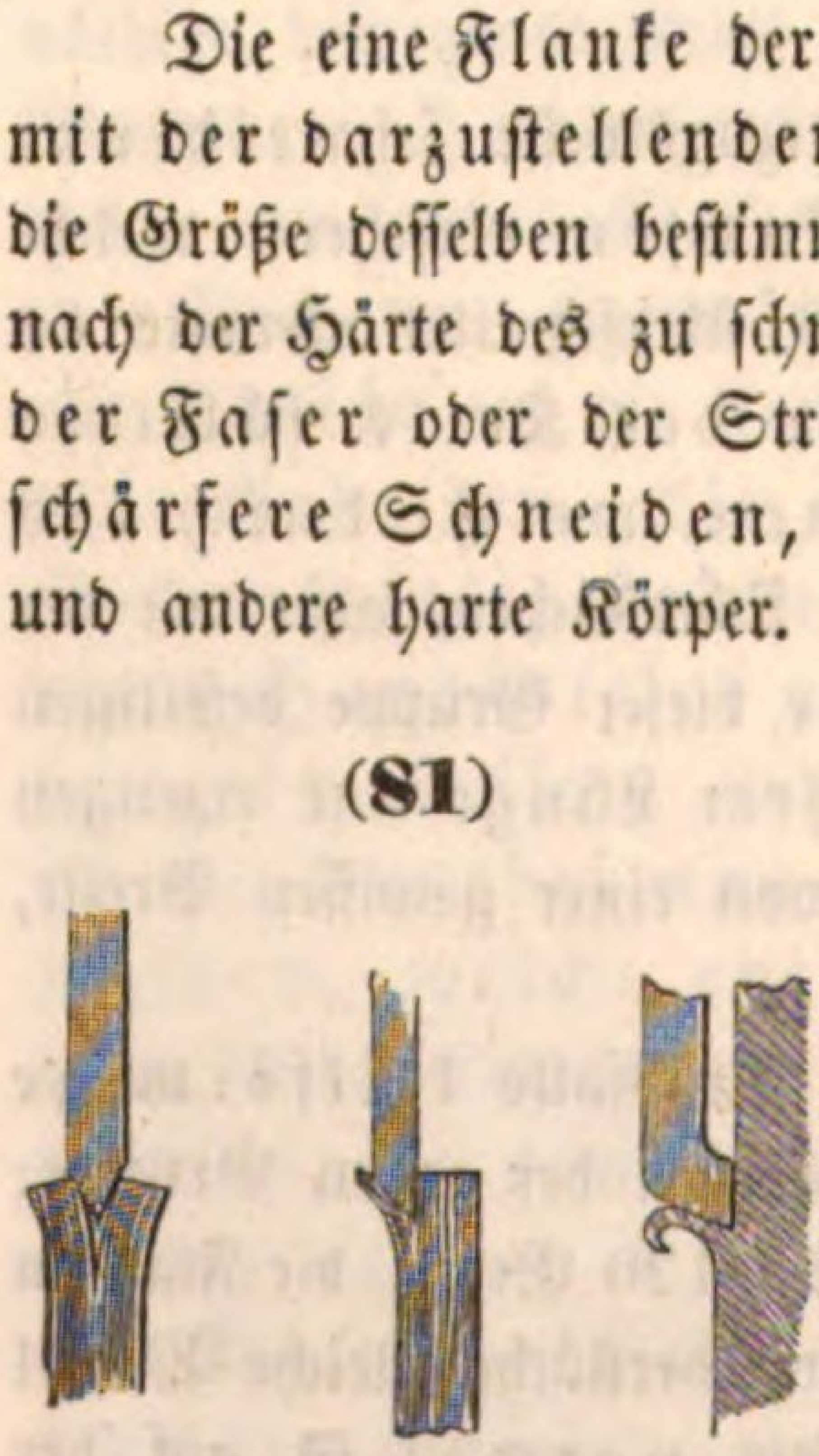
Einige Beispiele werden das Gesagte erläutern; wir stellen dabei die Uebersicht wegen der Hauptresultate der obigen Erläuterungen nochmals zusammen.

a) Schneidende Werkzeuge.

Die eine Flanke der keilförmigen Schneide ist so viel als möglich parallel mit der darzustellenden Oberfläche; der Schneidewinkel höchstens 60 Grad; die Größe desselben bestimmt sich nach der Feinheit des zu nehmenden Spahnes, nach der Härte des zu schneidenden Gegenstandes und nach der Beschaffenheit der Faser oder der Structur derselben. Holz und weiche Körper erfordern schärfere Schneiden, d. h. kleinere Schneidewinkel, als die Metalle und andere harte Körper.

Der Schneidewinkel feiner Messer ist etwa 15 Grad; dagegen für Werkzeuge zum Bearbeiten des Holzes 20 bis 45 Grad; für Metalle und andere harte Körper ist derselbe 45 bis 60 Grad.

(81)

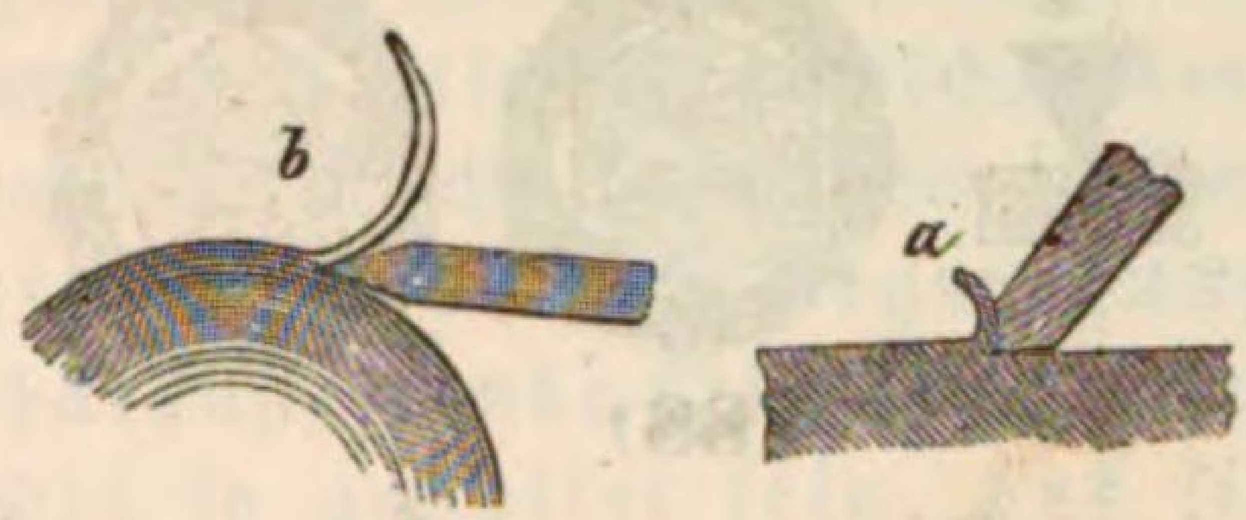


Holzschnitt 81. a) Schneide der Axt; b) Schneide des Beiles, des Stechbeutels, des Stemmeisens; c) Meißel für Nuthenstoßmaschinen und zum Abstechen bei Hobelmaschinen.

(82)



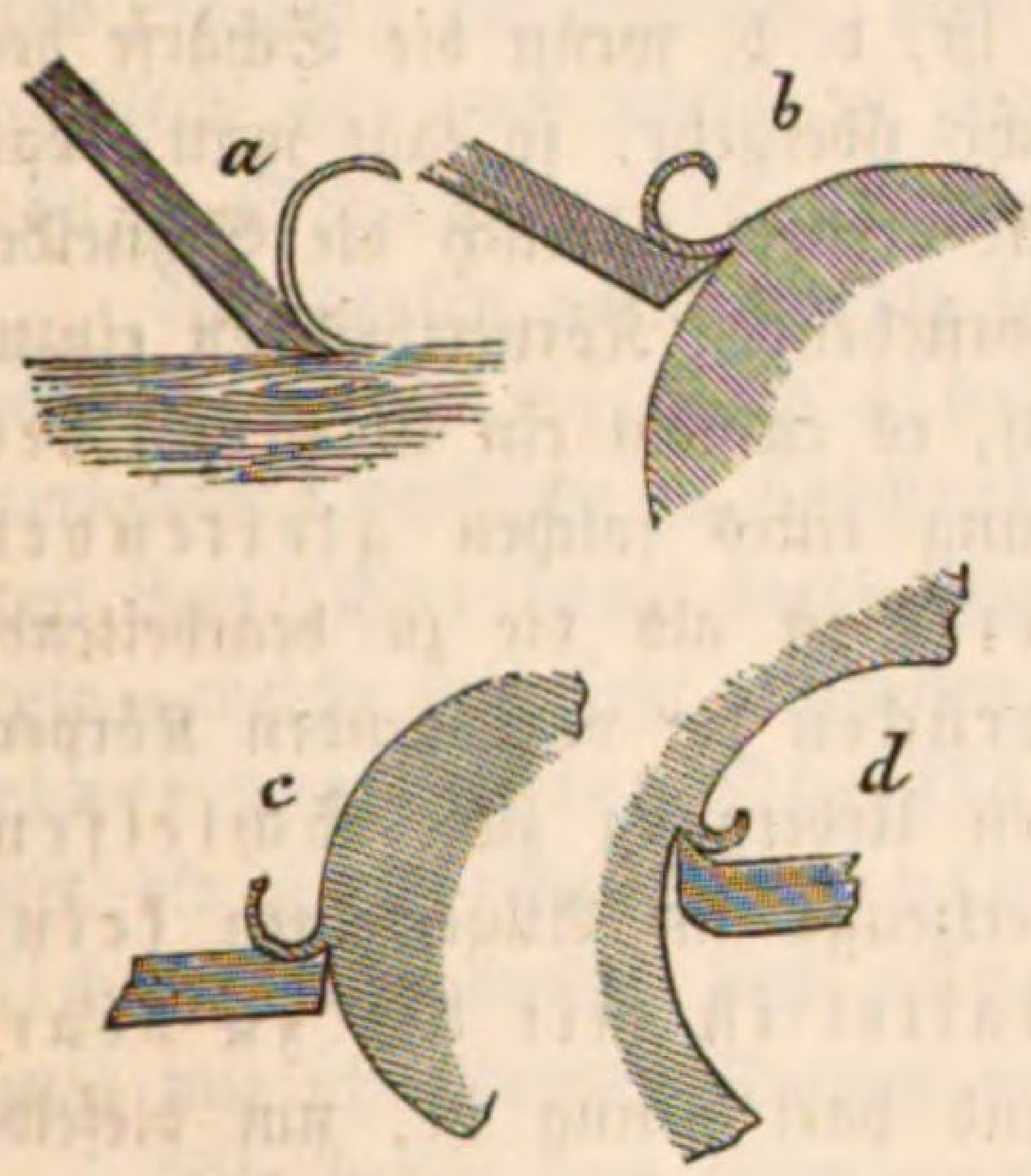
(83)



Holzschnitt 82. a) Stichel zum Hobeln für Metall.
b) Messer zum Schneiden.

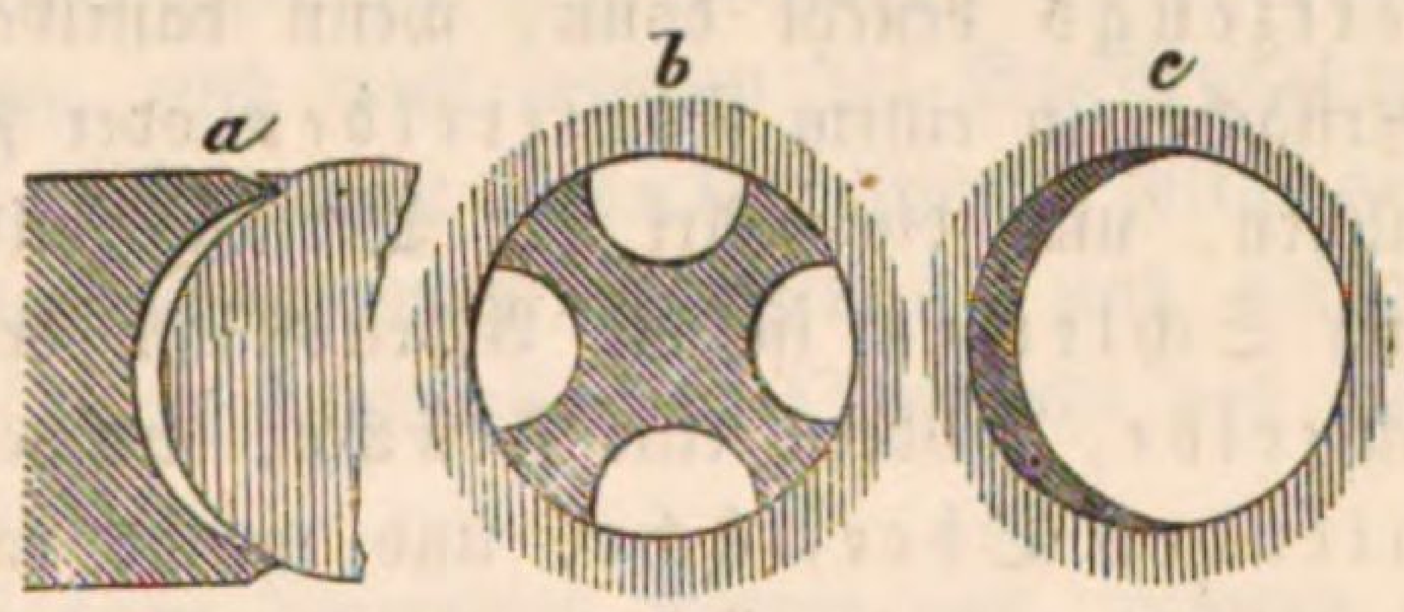
Holzschnitt 83. a) Hartmeißel für Metall und Stein.
b) Drehstahl für weiches Holz.

(84)



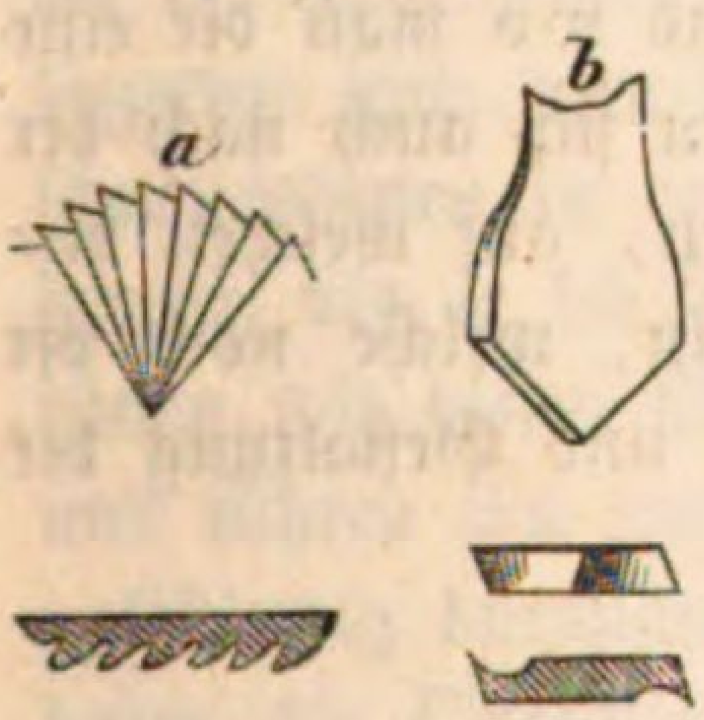
Holzschnitt 84. a) Hobeleisen für Holz.
b) Drehstichel für Metall, über der Höhe der Drehaxe angesetzt.
c) Drehstichel für Metall, in der Höhe der Drehaxe angesetzt.
d) Drehstichel für Metall zum Ausdrehen von Höhlungen.

(85)



Holzschnitt 85. a) Schneidebacken für Schraubengewinde.
b) Schraubenbohrer für Muttern — Reibahle.
c) Hohlbohrer-Schneide.

(86)



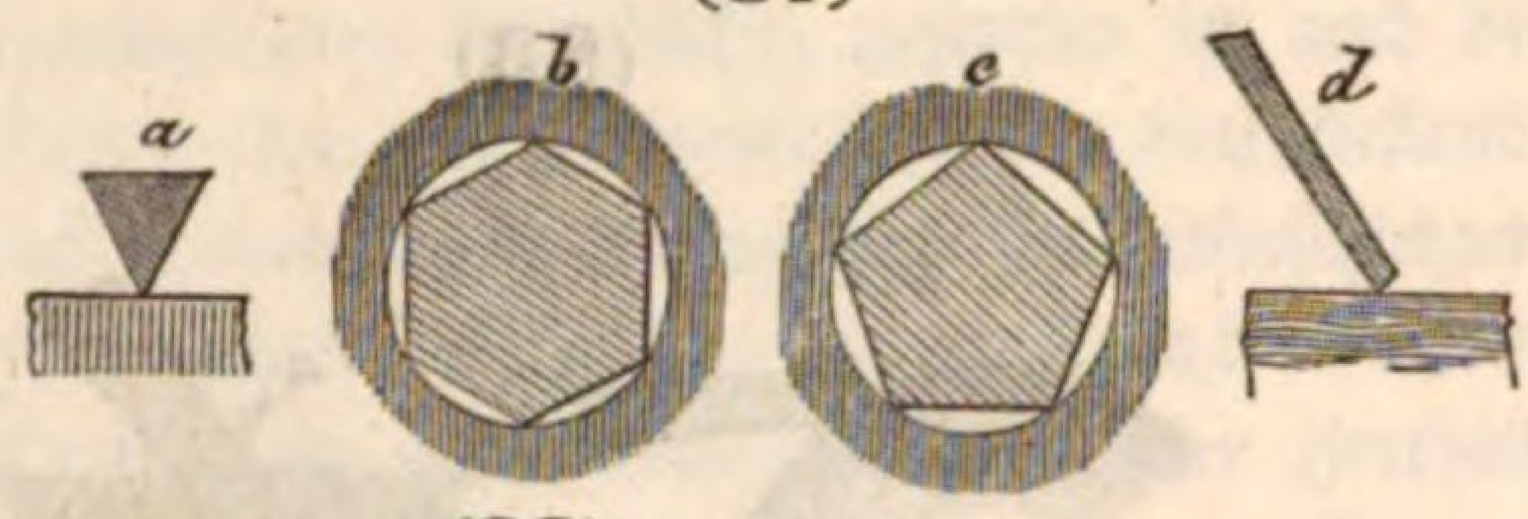
Holzschnitt 86. a) Schneiden einer Fraise, um ebene Flächen (Schraubenköpfe) zu fraisen.
b) Schneide eines Bohrers zum Bohren von Metall.

Soll das schneidende Werkzeug gleichzeitig an zwei, unter einem Winkel zusammenstoßenden Flächen schneiden, so müssen die beiden Schneiden einzeln in Bezug auf die von ihnen zu erzielenden Flächen obigen Bedingungen genügen.

b) Schabende Werkzeuge.

Die eine Flanke oder die Mittellinie der Schneide ist normal zur darzustellenden Oberfläche; der Schneidewinkel zwischen 60 und 120 Grad. Der Schneidewinkel bestimmt sich nach der Dicke des zu nehmenden Spahns und nach der Beschaffenheit der zu bearbeitenden Oberfläche; er beträgt gewöhnlich für die Bearbeitung von Eisen und Stahl 60 bis 70 Grad, für Messing 80 bis 90 Grad. In den Reibahlen ist er 120 Grad und darüber.

(87)



Holzschnitt 87. a) Schabemesser für Metall.
b) Sechskantige Reibeahle.
c) Fünfkantige Reibeahle.
d) Ziehklinke für Holz.

(88)



Holzschnitt 88. a) Metall-Säge.
b) Feile für Holz und Metall.

Man sieht leicht, daß ein schneidendes Werkzeug durch die Aenderung seiner Lage gegen die zu bearbeitende Oberfläche in ein schabendes Werkzeug umgewandelt werden kann, und umgekehrt, daß ein schabendes Werkzeug, indem man es flacher legt, als schneidendes Werkzeug wirken kann.

Wenn die schneidende Kante abgenutzt ist, d. h. wenn die Schärfe des Keils in eine abgestumpfte oder abgerundete Fläche übergeht, so sagt man, das Werkzeug sei stumpf geworden. In diesem Falle verliert nämlich die Schneidekante die Tendenz, in die über die Oberfläche vorstehenden Körpertheilchen einzudringen, es hört die Wirkung des Keils auf, es entsteht ein Gleiten des Werkzeugs auf der Oberfläche. Die Wirkung eines solchen gleitenden Werkzeugs besteht dann, wenn dasselbe härter ist als die zu bearbeitende Oberfläche, in einem Forttreiben oder Fortdrücken der vorstehenden Körpertheilchen, und diese Art der Wirkung bildet den Uebergang zum Schleifen. Beim Schleifen ist die Arbeitsfläche des Werkzeugs im Allgemeinen keine Schneide, sondern eine Fläche, welche parallel ist mit der zu bearbeitenden Oberfläche, und welche rauh und hart genug ist, um dieselbe anzugreifen und die hervorragenden Theilchen derselben zu zerreiben oder zu zerbröckeln, oder wenigstens zur Seite zu biegen und fortzudrücken. Die Wirkungen des Schneidens, des Schabens und des Schleifens sind hiernach wesentlich verschieden, und es ist für die richtige Bearbeitung von Körperoberflächen von Wichtigkeit, nicht nur zu beurtheilen, wann und wo man die eine oder die andere dieser drei Methoden anzuwenden habe, sondern sich auch nach der Wahl der Methode die Principien stets gegenwärtig zu halten, auf welchen dieselbe beruht. Man wird so vor Mißgriffen gesichert sein, welche noch oft genug aus Unkenntniß dieser Principien bei der Construction und Gestaltung der arbeitenden Werkzeuge begangen werden.

§. 95.

Allgemeine Theorie der Werkzeugmaschinen.

Nachdem wir nun in Vorstehendem die Theorie der arbeitenden Werkzeuge besprochen haben, gehen wir zur Theorie der Werkzeug-Maschinen über.

Der Zweck jeder Werkzeugmaschine ist die Darstellung einer bestimmten Körperform, die sich der entsprechenden idealen Form (§. 55, S. 339) so viel als möglich nähert.

Diese Arbeit wird stets in der Weise ausgeführt, daß man aus einer rohen Körperform die Oberfläche der verlangten reinen Form herausarbeitet, indem man alle materielle Theile des Körpers entfernt (fortschält, fortschneidet, fortschabt), welche über jene zu erzielende Oberfläche hervorstehen. Das schneidende Werkzeug muß daher mit der äußersten Begrenzung seiner Schneide die verlangte und darzustellende Oberfläche beschreiben und die Schneide muß dabei so gestaltet sein, daß sie nach allen Richtungen hin, in welcher die vortretenden Körpertheile des zu bearbeitenden Gegenstandes dieser Beschreibung hinderlich sein würden, diese Theile fortschneidet.

Je vollständiger und sicherer diese beiden Grundbedingungen erfüllt werden, desto vollkommener ist die Werkzeugmaschine.

Ueber die letztgenannte von beiden Grundbedingungen, nämlich über die Form und Stellung der Schneide, haben wir schon im vorigen Paragraphen gesprochen; es bleibt nur noch übrig zu zeigen, welche Mittel man hat, um mittelst einer Schneide die verlangte ideale Oberfläche zu beschreiben.

Wir denken vorläufig die schneidende Kante des Werkzeugs als einen Punkt, und sie könnte wirklich ein Punkt sein, wenn es nur darauf ankäme, die verlangte Oberfläche zu beschreiben und wenn nicht auch zugleich die Bedingung des Fortschneidens der vorspringenden Theilchen gegeben wäre. Die Gesetze also, welche wir jetzt aufstellen wollen, und nach welchen die Beschreibung einer verlangten Oberfläche durch einen Punkt bestimmt wird, gelten für die äußerste Begrenzung des schneidenden Werkzeugs, und ändern sich nicht dadurch, daß außerhalb der darzustellenden Oberfläche das Werkzeug mit schneidenden Kanten versehen ist.

Wir stellen uns einen ganz beliebig begrenzten Körper vor, nehmen also den allgemeinsten Fall an, denken diesen Körper durch parallele Ebenen, die unendlich nahe neben einander liegen, geschnitten, so würden die Durchschnittslinien jeder dieser Ebenen mit der Oberfläche des Körpers ebene Figuren sein, die im Allgemeinen durch geschlossene ebene Kurven, oder auch durch gerade Linien begrenzt sind, nun führen wir einen Punkt zuerst in der ersten von allen Durchschnittsebenen in der Durchschnittsfigur (dieser Ebene mit der Körperoberfläche) herum, bis er die Begrenzungslinie dieser Figur vollständig durchlaufen hat; dann rücken wir diesen Punkt in die nächste, unendlich nahe liegende Durchschnittsebene und führen ihn nun in der Durchschnittsfigur dieser Ebene herum, bis er dieselbe vollständig durchlaufen hat, hierauf rücken wir ihn in die folgende Ebene, wiederholen die Operation des Herumführens und fahren so fort, bis schließlich die Durchschnittsfiguren aller Durchschnittsebenen von dem Punkte der Reihe nach durchlaufen sind; ist dies geschehen, so hat, wie ohne Weiteres ersichtlich ist, der Punkt nach und nach die ganze Oberfläche des gegebenen Körpers durchlaufen.

Dies ist die allgemeinste, wenn auch nicht die einzige *) Methode, welche bei den Werkzeugmaschinen zur Beschreibung der Oberfläche eines Körpers

*) Vergl. Masch. Thl. I. S. 52.

angewandt wird; sie ist bei regelmäßigen oder auch schon bei continuirlichen Körper-Oberflächen mancher Vereinfachung fähig, welche zunächst in der Wahl der Lage der parallelen Durchschnittsebenen begründet ist, die, wenn irgend möglich, so zu treffen ist, daß sämmtliche Durchschnittsfiguren congruent; und wenn dies nicht angeht, ähnlich, und wenn auch dies nicht möglich ist, doch so viel nur immer angeht, gleichartig werden.

Es ist selbstverständlich, daß das obige Gesetz auch noch erfüllt wird, wenn man zuerst nur bestimmte Theile jener Durchschnittsfiguren von dem Punkt durchlaufen läßt; so nach der Reihe alle Ebenen durchgeht, und darauf in derselben oder auch in umgekehrter oder überhaupt in anderer Reihefolge der Ebenen die übrigen Theile der Durchschnittsfiguren beschreibt u. s. w.

Indem wir nun das oben aufgestellte Gesetz weiter ausbeuten, denken wir nach der Reihe alle diejenigen Punkte in den unendlich nahe liegenden parallelen Ebenen, in welchen wir die Beschreibung jeder einzelnen Durchschnittsfigur begonnen haben. Alle diese Anfangspunkte an einander gereiht, bilden eine Linie, welche ihrer ganzen Ausdehnung nach ebenfalls in der zu beschreibenden Oberfläche liegt; diese Linie ist im Allgemeinen eine Kurve von doppelter Krümmung, sie kann in gewissen Fällen bei passender Wahl der Parallelebenen eine Kurve von einfacher Krümmung, d. h. eine ebene Kurve werden, und geht in ganz bestimmten Fällen in eine gerade Linie über. Jedenfalls giebt aber diese Linie die Lagen an, welche nach und nach der schneidende Punkt annimmt, indem er aus jeder von jenen parallelen Durchschnittsebenen in die folgende gerückt wird. Wir nennen diese Linie die Leitlinie des schneidenden Punktes.

Werden die Durchschnittsfiguren, wie vorhin angedeutet, in einzelnen Theilen nach einander beschrieben, so sind mehrere solcher Leitlinien vorhanden.

Denkt man nun zwei Ebenen, welche beide die angenommenen Durchschnittsebenen des Körpers rechtwinklig schneiden, und auch unter einander rechtwinklig sind, so entstehen in jeder der angenommenen Durchschnittsebenen zwei auf einander normale gerade Linien, nämlich die Durchschnittslinien dieser beiden neuen Ebenen mit den Parallelebenen, und es liegen die sämmtlichen Durchschnittspunkte dieser beiden normalen Linien in der Durchschnittslinie der beiden neuen Ebenen, also in einer geraden Linie, welche normal zu sämmtlichen Parallelebenen ist. Diese gerade Linie nennen wir die Axe der zu erzeugenden Oberfläche.

Nun können wir die beiden zu einander normalen Linien, welche in jeder Durchschnittsebene entstanden sind, als Coordinatenaxe für die Durchschnittsfigur der Körperoberfläche mit den betreffenden Ebenen ansehen, und da jede ebene Figur durch die Lage der Punkte und ihre Begrenzung gegen zwei rechtwinklige Coordinatenaxen bestimmt ist, so ist auch jene Durchschnittsfigur durch die Lage ihrer Punkte gegen jene Coordinatenaxe bestimmt. Giebt man also dem schneidenden Punkt eine Beweglichkeit nach der Richtung dieser beiden Coordinatenaxen, und zwingt ihn, dem Coordinatengesetze entsprechend sich gleichzeitig nach diesen beiden zu einander normalen Axen zu bewegen, so muß er

die entsprechende Durchschnittsfigur beschreiben. Da zufolge der Voraussetzung die sämmtlichen ersten Coordinatenaxen aller Durchschnittsfiguren in der einen jener beiden Normalebenen, die sämmtlichen zweiten Coordinatenaxen aber in der andern jener Normalebenen liegen, so kommt es nur darauf an, den schneidenden Punkt nach diesen beiden Normalebenen beweglich zu machen, und ihn in jeder der einzelnen Durchschnittsebenen zu zwingen, sich dem Coordinatengesetze gemäß zu verschieben.

Hiernach hat man also nur nöthig zur Erzeugung einer beliebigen Körperoberfläche dem schneidenden Punkt folgende drei Bewegungen zu geben:

1) eine Bewegung nach einer Ebene, die zu sämmtlichen Parallelebenen des Körpers normal ist;
2) eine Bewegung nach einer zweiten Ebene, die zu sämmtlichen Parallelebenen und auch zu der ersten Normalebene normal ist;
3) eine fortschreitende Bewegung nach der Leitlinie.

Außerdem ist noch nöthig die beiden ersten Bewegungen so zu combiniren, daß sie den Gesetzen der betreffenden Durchschnittsfigur entsprechen.

Wenn hiernach die theoretische Möglichkeit gegeben ist, jede beliebige Körperoberfläche durch einen schneidenden Punkt herzustellen, so ist die praktische Ausführung dieser Aufgabe doch mit mancherlei Schwierigkeiten verbunden. Diese Schwierigkeiten liegen namentlich in folgenden Umständen:

1) in der Schwierigkeit jene beiden Bewegungen nach den beiden Coordinatenaxen gehörig zu combiniren. Diese Schwierigkeit wird vermindert, wenn man die Coordinatenaxen und die Lage der Axe der zu erzeugenden Oberfläche passend wählt, wenn ferner sämmtliche Durchschnittsfiguren entweder congruent oder ähnlich sind, und gegen die Axe der Oberfläche symmetrisch liegen, so daß für alle Durchschnittsfiguren dasselbe Gesetz der Bewegung des schneidenden Punktes besteht; mit andern Worten, wenn der Körper eine Axe der Symmetrie besitzt;
2) in der Schwierigkeit der richtigen Darstellung der Leitlinie. Diese Schwierigkeit wird vermindert, wenn man eine gerade Leitlinie anordnen kann, und hierauf muß das nächste Augenmerk gerichtet sein; ist eine gerade Leitlinie nicht möglich, so hat man zu untersuchen, ob eine ebene Kurve von möglichst einfachem Gesetze möglich ist, und unter den ebenen Kurven ist wieder diejenige am besten, deren Ebene durch die Axe der Symmetrie des Körpers geht;
3) in der Schwierigkeit der Anbringung und Haltens des schneidenden Werkzeuges. Da nämlich der schneidende Punkt nicht frei sein kann, sondern auf irgend eine Weise unterstützt und mit der Maschine im Zusammenhange sein muß, so ist dahin zu achten, daß die hierzu nöthigen Vorrichtungen nirgends mit dem zu bearbeitenden Körper in Collision kommen;

4) in der Schwierigkeit, der Schneide überall die geeignete Lage (§. 94) gegen die zu bearbeitende Oberfläche zu geben;
5) in der Schwierigkeit, die erzeugten Spähne von dem schneidenden Werkzeuge zu entfernen;
6) in der Schwierigkeit, dem schneidenden Werkzeug und der ganzen Maschine die nöthige Stärke und Widerstandsfähigkeit zu geben.

Auf alle diese Punkte ist bei der Construction der Werkzeugmaschinen sorgfältig zu achten.

Kehren wir nunmehr zu der Betrachtung der drei Bewegungen zurück, durch welche die darzustellende Oberfläche erzeugt werden kann. Wir haben bisher angenommen, daß der zu bearbeitende Körper eine feste Lage habe, und daß alle drei Bewegungen von dem schneidenden Punkt ausgeführt werden; allein es ist leicht ersichtlich, daß die Anordnung auch so getroffen werden kann, daß z. B. der schneidende Punkt sich stets in ein und derselben Ebene bewege, und daß der zu bearbeitende Körper, nachdem die Beschreibung der Durchschnittsfigur in einer Ebene vollendet ist, sich so verschiebe, daß die nächstfolgende Ebene in die Bewegungsebene des schneidenden Punktes rückt, und daß nun die Erzeugung der Durchschnittsfigur mit dieser neuen Ebene erfolgt u. s. w. In diesem Falle würde der zu bearbeitende Körper nach der Leitlinie fortrücken müssen.

Andererseits ist denkbar, daß während die Durchschnittsfigur in irgend einer Ebene beschrieben wird, der schneidende Punkt fest stehe, und der zu bearbeitende Körper sich an der Schneide nach dem Coordinaten-Gesetz der Durchschnittsfigur fortbewege. Hieraus geht hervor, daß es für die Darstellung der Oberfläche theoretisch gleichgiltig ist, ob der schneidende Punkt jene drei Bewegungen macht, und der zu bearbeitende Körper fest steht, oder ob umgekehrt der schneidende Punkt fest steht und der zu bearbeitende Körper jene drei Bewegungen macht, oder ob endlich der schneidende Punkt eine oder zwei von jenen drei Bewegungen macht, und an der Ausführung der übrigen gehindert ist, während der zu bearbeitende Körper die übrigen Bewegungen macht, und an der Ausführung jener gehindert ist.

Man wählt bald die eine, bald die andere dieser Anordnungen, je nachdem die Beschaffenheit des zu bearbeitenden Körpers, die Form seiner Oberfläche oder die zweckmäßige Construction der Maschine dies erfordern.

Nach der gegebenen Darstellung erfolgt das Fortrücken nach der Leitlinie erst dann, wenn der schneidende Punkt die Durchschnittsfigur ganz oder theilweise durchlaufen hat, also sprungweise. Diese Anordnung ist jedenfalls in der Natur der Sache begründet; allein bei manchen Körperformen, namentlich wenn die Dauer der Beschreibung der Durchschnittsfigur nur eine geringe ist, pflegt man das Fortrücken nach der Leitlinie continuirlich zu machen. Der schneidende Punkt beschreibt dann auf der Körperoberfläche Spiralen, und wenn das Fortrücken sehr langsam erfolgt, so können diese Spiralen so nahe zusammen-

fallen, daß die dadurch entstehende Ungleichmäßigkeit nicht sehr merkbar wird; immer aber bleibt zwischen den einzelnen Spiralen etwas von der ursprünglichen Oberfläche stehen, und es wird dadurch eine gewisse Unvollkommenheit der erzeugten Oberfläche bedingt — wie dieselbe zu beseitigen sei, werden wir weiter unten zeigen. Es ist übrigens zu bemerken, daß ein solches continuirliches Fortrücken nach der Leitlinie nur in bestimmten Fällen möglich ist, namentlich nur dann, wenn alle Querschnittsfiguren ähnlich oder congruent sind, und wenn sie vollständig und nicht theilweise beschrieben werden (beim Abdrehen oder beim Bohren). Diese continuirliche Fortrückung hat den Vortheil, daß der Schnitt continuirlich wird und daß nicht in jeder neuen Durchschnittsebene von Neuem ein Ansatz zum neuen Schnitt gemacht werden muß. Wo die Durchschnittsfiguren nur theilweise beschrieben werden (Hobeln, Nuthenstoßen u. s. w.), kehrt der schneidende Punkt nach Vollendung eines Theils der Durchschnittsfigur wieder zu dem Anfange derselben zurück, ohne zu schneiden, und rückt dann nach der Leitlinie fort, um den neuen Schnitt zu beginnen.

Für manche Körperformen ist ein Fortrücken nach der Leitlinie überhaupt nicht erforderlich, und kann durch die Form des schneidenden Werkzeugs ersetzt werden. Dies sind solche Körperformen, deren Oberfläche man ansehen kann, als seien sie durch die Bewegung einer geraden Linie oder einer ebenen Kurve entstanden. Giebt man hier dem schneidenden Werkzeug die Form dieser erzeugenden Linie und rückt dasselbe nach dem Bewegungsgesetz, welches der darzustellenden Oberfläche entspricht, fort, so hat man eigentlich gleichzeitig unendlich viel schneidende Punkte, jeden nach dem betreffenden Gesetz seiner Durchschnittsfigur fortbewegt, und muß daher dasselbe erreichen, was man erlangt, indem man einen schneidenden Punkt nach einander in den verschiedenen Durchschnittsfiguren bewegt.

Hat man es also nicht mit einem schneidenden Punkt, sondern mit einer schneidenden Linie zu thun, so ist die Form der erzeugten Oberfläche wesentlich bedingt durch die Form der schneidenden Linie und durch das Bewegungs-Gesetz, nach welchem dieselbe fortrückt.

Wenn man eine schneidende Linie, welche mehrere Punkte, wenn auch nicht alle Punkte der zu erzeugenden Oberfläche enthält, continuirlich nach der Erzeugungslinie fortrückt, während jeder Punkt gleichzeitig die Bewegung nach der Durchschnittsfigur macht, so beschreiben sämmtliche Punkte der Schneide Spiralen, die aber unendlich nahe zusammen liegen; jeder folgende Punkt nimmt die Vorsprünge fort, die zwischen den Spiralen des vorhergehenden stehen geblieben sind, und die Oberfläche zeigt nicht mehr jene Unvollkommenheiten, welche wir oben bei nur einem schneidenden Punkt hervorgehoben haben.

Man nennt diese Operation das Schlichten der Oberfläche, während die Bearbeitung derselben mit nur einem schneidenden Punkt, welche immer als eine vorläufige und weniger genaue zu betrachten ist, das Schroppen heißt.

Das Schroppen und Schlichten findet indessen nicht nur bei der continuirlichen Fortrückung des schneidenden Werkzeugs statt, sondern

auch da, wo das schneidende Werkzeug nach der Richtung der Leitlinie sprungweise fortrückt.

Da nämlich eine unendlich kleine Verschiebung, wie sie der Theorie nach stattfinden mußte, um den schneidenden Punkt aus einer Durchschnittsebene in die folgende zu bringen, in der Wirklichkeit nicht möglich ist, da vielmehr die Verschiebung, wenn auch noch so klein, immer nur eine endliche sein kann, so werden durch einen schneidenden Punkt niemals zwei unendlich nahe liegende Durchschnittsfiguren nach einander bearbeitet werden, sondern es wird in Wirklichkeit stets ein, wenn auch noch so kleiner Zwischenraum zwischen zwei neben einander liegenden Schnitten bleiben, der nicht von dem schneidenden Punkte getroffen wird.

Die hierdurch entstehende Unvollkommenheit der erzeugten Oberfläche sucht man nun dadurch zu verbessern, daß man, nachdem die Oberfläche in der angedeuteten Weise abgeschroppt ist, ein Werkzeug mit schneidenden Linien anwendet, welches also so beschaffen ist, daß es mehrere unendlich nahe liegende schneidende Punkte hat, so daß jeder folgende diejenige Stelle trifft, welche der vorige unberührt gelassen hat. Wo ein solches Schlichten nach der Form der Oberfläche nicht möglich ist, weil die Herstellung des schlichtenden Werkzeugs entweder gar nicht, oder doch nur sehr schwer bewirkt werden kann, pflegt man jene Ungenauigkeiten durch Abschleifen oder durch Abschaben zu beseitigen.

Bei allen bisherigen Betrachtungen haben wir stets vorausgesetzt, daß jeder folgende Punkt der Durchschnittsfigur von demselben schneidenden Punkt getroffen wird, von welchem auch der vorhergehende Punkt bearbeitet wurde, dies fand nicht nur bei der Annahme nur eines schneidenden Punktes, sondern auch bei der Annahme unendlich vieler, in einer schneidenden Linie liegender Punkte statt. Allein es ist auch der Fall denkbar, daß der schneidende Punkt, ja sogar die schneidende Linie, nachdem ein sehr kleiner Theil der zu bearbeitenden Oberfläche durchlaufen ist, von derselben entfernt und durch einen neuen schneidenden Punkt, oder durch eine neue schneidende Linie ersetzt wird, welche wiederum nach kurzer Arbeit einem Nachfolger weicht. Diese Vorstellung führt auf das System der Fraisen. Bei den Fraisen oder Schneiderädern liegt eine Anzahl schneidende Punkte oder schneidende Linien in der Oberfläche eines rotirenden Körpers vertheilt, so daß sich Schneidezähne bilden, die einander folgend, indem sich die Fraise dreht, zur Wirkung gelangen.

Die Fraisen bilden hiernach nur eine eigenthümliche Gestaltung des schneidenden Werkzeugs. Die Theorie der Darstellung der Oberflächen ist für die Fraisen dieselbe, wie für jedes andere schneidende Werkzeug, nur bemerkt man leicht, daß hier die Axe, um welche die schneidenden Punkte rotiren, d. h. die Axe der Fraise, abgesehen von ihrer durch die besondere Eigenthümlichkeit der Fraise bedingten Rotationsbewegung, noch diejenigen Bewegungen machen müsse, welche zur Erzeugung der Körperoberfläche nöthig sind, also sowohl die fortschreitende Bewegung nach der Leitlinie, als diejenige, welche durch die Form der Durchschnittsfigur bedingt ist. Diese letzte Bewegung wird im Allgemeinen für die Axe der Fraise eine zur Durchschnittsfigur äquidistante Kurve erfordern.

So verschieden nun nach der obigen Theorie die Körperformen sein können, die sich durch Maschinen herstellen lassen, so sucht man im Maschinenbau doch so viel als möglich die darzustellenden Körper auf möglichst einfache Formen zurückzuführen, für welche sich leicht die Bewegungs-Gesetze auffinden und mit Sicherheit ausführen lassen.

Wir stellen hier die wichtigsten durch Werkzeugmaschinen zu erzeugenden Körperformen zusammen.

I. Rotationskörper.

Rotationskörper sind solche, welche durch Drehung einer Linie um eine geradlinige Axe hergestellt werden können, und zwar so, daß jeder Punkt der sich um die Axe drehenden Linie einen Kreis beschreibt, und folglich stets denselben Abstand von der Axe behält.

A. Rotationskörper mit gerader Leitlinie.

Die Linie ist entweder:

a) parallel mit der Axe (normale Cylinder);
b) sie schneidet die Axe unter einem spitzen oder stumpfen Winkel (Kegel);
c) sie schneidet die Axe normal (ebene Kreisfläche — Plandrehen);
d) sie ist windschief zur Axe (Hyperboloid).

B. Rotationskörper mit krummer Leitlinie.

a) Die Leitlinie ist ein Kreis, dessen Mittelpunkt in der Axe liegt (Kugel).
b) Die Leitlinie ist eine beliebige andere Kurve (Hohlkehlen, Carnis, Glocke, Vase, Eichel, Hut, Paraboloid u. s. w.)

II. Körper mit ebenen Begrenzungsflächen (Parallelopipedon, Prisma, Pyramide, Keil).

III. Prismatische Körper mit krummer Oberfläche.

Der Querschnitt ist überall dieselbe krummlinige ebene Figur (Elliptische Cylinder, Krummzapfen, Scharnierkopf, Radzähne u. s. w.)

IV. Schraubengänge.

Cylindrische Schrauben mit mancherlei Querschnittsformen der Schraubengänge.

Nach diesen Hauptformen der darzustellenden Körper pflegt man die Maschinen zu construiren und man unterscheidet im Wesentlichen hiernach folgende Hauptgruppen von Werkzeugmaschinen:

I. Drehbänke, Drehmaschinen, vorzugsweise zur Darstellung von Rotationskörpern mit voller (convexer) Oberfläche.

II. Bohrwerke und Bohrmaschinen zur Darstellung von Rotationskörpern mit hohler (concaver) Oberfläche.

III. Hobelmaschinen zur Darstellung ebener Oberflächen für Begrenzungen voller Körper.

IV. Nuthenstoßmaschinen, vorzugsweise zur Darstellung ebener Oberflächen für Begrenzungen von Höhlungen (Nuthen).

V. Rundhobel-Maschinen und Fraisen-Maschinen zur Darstellung prismatischer Körper mit krummen Oberflächen.

VI. Schraubenschneide-Maschinen zur Darstellung der Spiralflächen und Schraubengewinde.

Wenngleich hiernach für jede der Hauptkörperformen besondere Arten von Maschinen bestehen, welche vorzugsweise für die Eigenthümlichkeiten derselben berechnet sind, so folgt doch keineswegs, daß man jede dieser Maschinen nur für diese Körperform benutzen könne und müsse.

Da nämlich allen Maschinen dieselben Principien zu Grunde liegen, so wird man durch geschickte Combination der Bewegungs-Gesetze auf manchen Maschinen auch noch andere Körperformen darstellen können, als solche, für welche sie eigentlich bestimmt sind. So eignet sich eine vollkommen eingerichtete Drehbank nicht nur zur Darstellung voller Rotationskörper, sondern fast zur Darstellung aller andern Körperformen. Man kann mittelst derselben auch hohle Rotationskörper darstellen (Bohren); man kann ebene Flächen erzielen (Plandrehen); man kann Nuthen erzeugen (Nuthenhobeln oder Fraisen); man kann prismatische Körper von krummer Oberfläche erzeugen (Ovaldrehen); man kann endlich Schrauben schneiden.

Ordnen wir die eben aufgeführten Hauptgruppen von Werkzeugmaschinen nach den in der vorhin entwickelten Theorie aufgestellten Gesichtspunkten, so zerfallen dieselben nach der Bewegung, welche das schneidende Werkzeug gegen die darzustellende Oberfläche macht, in zwei Klassen:

A. Werkzeugmaschinen, bei welchen die Bewegung des schneidenden Werkzeugs in der Leitlinie continuirlich erfolgt.

Bei diesen Maschinen wird die Körperoberfläche durch Erzeugung von Spiralen gebildet (S. 538) und es gehören hierher:

a) die Drehbänke;
b) die Bohrmaschinen;
c) die Schraubenschneidemaschinen.

B. Werkzeugmaschinen, bei welchen die Bewegung des schneidenden Werkzeugs in der Leitlinie sprungweise erfolgt.

Bei diesen Maschinen kehrt im Allgemeinen das schneidende Werkzeug nach Vollendung einer Durchschnittsfigur wieder, ohne zu schneiden, nach dem Anfangspunkt des Schnittes zurück und rückt dann nach der Leitlinie fort, um einen neuen Schnitt zu beginnen. Hierher gehören:

a) die Planhobelmaschinen;
b) die Nuthenschneidemaschinen;
c) die Rundhobelmaschinen.

In dieser Reihefolge wollen wir die verschiedenen Werkzeugmaschinen einzeln besprechen.

A. Werkzeuge, bei welchen die Bewegung des schneidenden Punktes in der Leitlinie continuirlich erfolgt.

§. 96.

Berechnung der Drehbänke.

Die unter dem Namen Drehbänke oder Drehmaschinen bekannten Werkzeugmaschinen haben vorzugsweise den Zweck, Körperformen darzustellen, deren Oberflächen Rotationsflächen sind, d. h. solche Flächen, die durch Umdrehung einer Linie um eine Axe entstanden sind. Wir haben schon oben gegen den Schluß des vorigen Paragraphen eine Uebersicht der Rotationskörper gegeben, welche im Allgemeinen auf Drehbänken hergestellt zu werden pflegen, auch haben wir bereits erwähnt, daß, wenn gleich der Hauptzweck der Drehbänke die Herstellung der genannten Körperformen ist, doch eine Menge verschiedener anderer Körperformen auf denselben erzeugt werden können. Indem wir hier die Construction und die Einrichtung der Drehbänke erörtern, werden wir dies zunächst mit Rücksicht auf die Darstellung von vollen Rotationskörpern thun und sodann die Mittel und Vorrichtungen angeben, um andere Körperformen mit Hilfe der Drehbänke zu erzeugen.

Die Anordnung der Drehbänke ist in den meisten Fällen behufs Erzeugung voller Rotationskörper folgende:

a) der zu bearbeitende Körper wird mit einer gewissen Geschwindigkeit um die Axe gedreht, welche die Erzeugungsaxe der Rotations-Oberfläche ist;
b) das schneidende Werkzeug wird nach der Richtung der Leitlinie so geführt, daß es überall den erforderlichen Abstand von der Rotationsaxe besitzt, daß also, indem der Körper sich daran vorbeibewegt, überall auf der Oberfläche desselben Kreise, oder vielmehr, wegen des gewöhnlich continuirlichen Vorrückens des Werkzeugs, Spiralen von dem erforderlichen Durchmesser beschrieben werden.

Die Peripherie-Geschwindigkeit, mit welcher das rotirende Arbeitsstück sich an dem schneidenden Werkzeug vorbei bewegt, beträgt etwa:

	pro Secunde	pro Minute
für Stahl	$1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll.	= $7\frac{1}{2}$ bis 10 Fuß.
„ Schmiedeeisen	3 — 5 „	= 15 — 25 „
„ graues, weiches Gußeisen	2 — 4 „	= 10 — 20 „
„ weißes, hartes Gußeisen (Hartguß)	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{4}$ „	= $1\frac{7}{8}$ — $3\frac{3}{4}$ „
„ Messing und Bronze .	6 — 8 „	= 30 — 40 „
„ Holz	8 — 10 „	= 40 — 50 „

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Stichel (das schneidende Werkzeug) in der Leitlinie vorrückt, bedingt die Dicke des zu schneidenden Spahns; sie ist nach der Stärke der Drehbank, nach der Beschaffenheit des darzustellenden Körpers und des Materials abhängig, sowie nach der Art der Arbeit, ob man schroppt oder schlichtet, verschieden. Gewöhnlich beträgt diese Geschwindigkeit:

für eine Umdrehung des Arbeitsstückes

nicht weniger als:	nicht mehr als:
$^1/_{120}$ bis $^1/_{80}$ Zoll	$^1/_{24}$ bis $^1/_{16}$ Zoll
oder 0,1 bis 0,15 Linien.	oder $^1/_2$ bis $^3/_4$ Linien.

Aus dem größten Durchmesser des abzudrehenden Stückes und aus der angenommenen Peripherie-Geschwindigkeit läßt sich die Anzahl der Umdrehungen pro Minute leicht finden. Bezeichnet man

mit D den größten Durchmesser in Zollen,
mit v die angenommene Peripherie-Geschwindigkeit pro Secunde in Zollen,
mit n die Anzahl der Umdrehungen pro Minute, so ist:

$$n = \frac{60\,v}{\pi D} = 19{,}1\,\frac{v}{D}.$$

Durchschnittlich pflegt man für Drehbänke folgende Umdrehungszahlen anzunehmen:

Durchmesser des abzudrehenden Stückes in Zollen.	Umdrehungszahl der Spindel in einer Minute.	Durchmesser des abzudrehenden Stückes in Zollen.	Umdrehungszahl der Spindel in einer Minute.
D	n	D	n
1	50	25	2,00
2	25	30	1,667
3	16,67	35	1,430
4	12,50	40	1,250
5	10	45	1,12
6	8,32	50	1,00
7	7,15	60	0,834
8	6,25	70	0,716
9	5,55	80	0,626
10	5,00	90	0,554
15	3,33	100	0,50
20	2,50		

Wenn nun bei jeder Umdrehung der Stichel um einen Werth δ fortschreitet, so ist er in einer Minute um $n\,\delta$ fortgerückt, und folglich beträgt die Länge des pro Minute abgedrehten Stückes:

$$n\,\delta = 19{,}1\,\frac{v}{D}\,d$$

ist nun L die ganze Länge der abzudrehenden Leitlinie, so ist offenbar die Zeit, welche erfordert wird, um dieselbe abzudrehen:

$$t = \frac{L}{n\,\delta} = \frac{L\,D}{19{,}1\,v\,.\,\delta} = 0{,}0524\,\frac{L\,D}{v\,.\,\delta}.$$

Um z. B. eine Hartgußwalze von 18 Zoll Durchmesser und 4 Fuß = 48 Zoll Länge abzudrehen, würde man nach dem Obigen v etwa gleich $^1/_2$ Zoll, $\delta = \frac{1}{100}$ Zoll annehmen, und man erhielt

$$t = 0{,}0524 \,.\, \frac{48 \,.\, 18}{1/2 \cdot 1/100} = 9054{,}72 \text{ Minuten,}$$

oder gleich 150 Stunden 54 Minuten, wobei allerdings der etwaige Aufenthalt nicht mitgerechnet ist.

Dieselbe Walze von weichem Gußeisen würde gestatten im Durchschnitt $v = 3$ Zoll und $\delta = 1/24$ Zoll zu nehmen, und man erhielt

$$t = 0{,}0524 \,.\, \frac{48 \,.\, 18}{3 \cdot 1/24} = 362{,}2 \text{ Minuten,}$$

oder gleich 6 Stunden und 2 Minuten.

Man sieht hieraus, wie außerordentlich verschieden die Leistungen der Drehbänke nach der Art des zu bearbeitenden Stückes sein können.

Für die Construction der Drehbänke ist nun in Bezug auf die Dimensionen der einzelnen Theile vorzugsweise der größte Druck maaßgebend, welcher zwischen dem schneidenden Werkzeuge und dem Arbeitsstück beim Schneiden stattfinden kann.

Bezeichnen wir diesen größten Druck mit P. Ist nun wieder δ das Stück, um welches der Stichel bei einer Umdrehung vorgeschoben wird, so giebt auch δ die Dicke des Spahnes, welcher abgeschnitten wird; nennen wir die Breite desselben, d. h. die Dimension des Spahnes, welche normal ist zur Leitlinie ε, so ist offenbar $\delta \,.\, \varepsilon$ der Querschnitt des Spahnes, und wenn wir mit k die Schnittfestigkeit bezeichnen, so ist offenbar:

$$P = \delta \,.\, \varepsilon \,.\, k.$$

Die Breite des zu schneidenden Spahnes ist nun freilich abhängig von den Dimensionen, um welche die rohe Körperform, welche bearbeitet werden soll, die herzustellende Körperform übertrifft; bei der Berechnung der Stärkenverhältnisse der Drehbank ist indessen der ungünstigste Fall, also die größte zulässige Breite des Spahnes anzunehmen, und diese mag betragen:

bei kleinen Drehbänken etwa $\varepsilon = 1/4$ Zoll.
bei mittlern Drehbänken . $\varepsilon = 1/2$ „
bei den größten Drehbänken $\varepsilon = 3/4$ „

Nehmen wir die Schnittfestigkeit des Schmiede-Eisens als maaßgebend, so übersteigt dieselbe nach §. 34 nicht wohl den Werth von 60000 Zollpfund pro Quadratzoll preußisch, und wenn wir den größten Werth von δ, nämlich $1/16$ Zoll voraussetzen, so würde sich der größte Druck, welcher bei der Bearbeitung vorkommt, ergeben:

$$P = \varepsilon \,.\, \frac{1}{16} \,.\, 60000$$

folglich:

für kleine Drehbänke in runder Zahl P = 1000 Zollpfund.
für mittlere „ „ „ „ P = 2000 „
für starke „ „ „ „ P = 3000 „

Da nun durch P v sich das Arbeits-Moment ausdrückt, so würde für solches sich ergeben, wenn wir wieder das Abdrehen von Schmiedeeisen als maaßgebend ansehen, und eine Durchschnitts-Geschwindigkeit von 4 Zoll = $1/3$ Fuß pro Secunde annehmen:

für kleine Drehbänke höchstens: $\frac{1000}{3} = 333\frac{1}{3}$ Fußpfund pro Secunde.

für mittlere " " $\frac{2000}{3} = 660\frac{2}{3}$ " " "

für starke " " $\frac{3000}{3} = 1000$ " " "

Nimmt man das Arbeits-Moment einer Pferdekraft gleich 480 Zollpfund pro Secunde einen Fuß bewegt an, so würden hiernach erfordern

die kleinen Drehbänke $\frac{333\frac{1}{3}}{480}$ oder etwa $\frac{2}{3}$ Pferdekraft.

die mittlern " $\frac{666\frac{2}{3}}{480}$ " " $1\frac{1}{3}$ "

die größten " $\frac{1000}{480}$ " " 2 "

Aus diesen Elementen lassen sich die Stärkenverhältnisse der einzelnen Theile einer gegebenen Drehbank berechnen, wenn man die Formeln zur Berechnung der Wellenstärke, der Radzähne u. s. w. kennt.

Zu bemerken ist indessen, daß bei jeder Werkzeugmaschine es nicht allein darauf ankommt, daß die einzelnen Theile fest genug seien, daß sie also im Allgemeinen keine bleibende Formveränderungen erleiden, sondern es kommt wesentlich darauf an, daß die arbeitenden Theile unter dem Einfluß der auf sie einwirkenden Drucke überhaupt möglichst geringe Formveränderungen, sei es durch Biegen, Ausrecken oder Zusammendrücken erleiden. Man muß also vermeiden, daß die Theile federn und zittern.

Diese Bemerkung ist bei der Anwendung der oben erwähnten Formeln wohl zu berücksichtigen, und es sind daher im Allgemeinen nicht die Bruchformeln, sondern die Elasticitätsformeln anzuwenden *).

§. 97.

Mittel um der Drehbank-Spindel eine veränderliche Zahl von Umdrehungen zu geben.

Nach der obigen Auseinandersetzung ist die Zahl der Umdrehungen, welche das abzudrehende Arbeitsstück machen muß, je nach der Peripherie-Geschwindigkeit und dem Durchmesser desselben verschieden. Da nun gleichwohl gewöhnlich die Zahl der Umdrehungen der treibenden Welle sich nicht stets in demselben Verhältniß ändern läßt, so ist es nöthig, das Umsetzungs-Verhältniß zwischen beiden zu ändern. Zu diesem Zweck wendet man theils Riemscheiben oder Schnurscheiben von veränderlichem Durchmesser an, theils Rädervorgelege. Wir wollen über die Anordnung beider hier noch einige Mittheilungen machen.

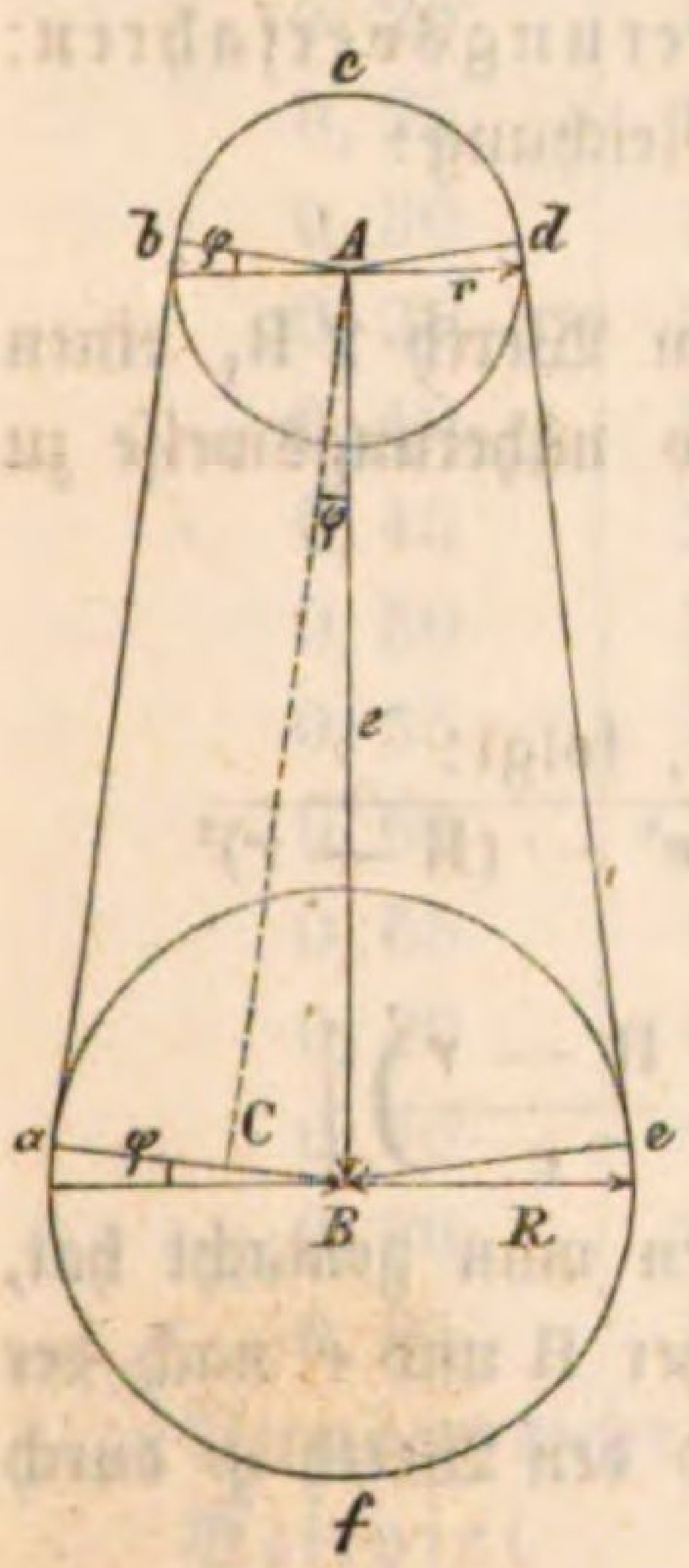
---

*) Vergleiche des Verfassers Werk: „die Lehre von den einfachen Maschinentheilen“.

Die Spindel der Drehbank, d. h. die Axe, um welche das abzudrehende Arbeitsstück rotirt, wird gewöhnlich mit einer sogenannten Stufenscheibe, sei es zum Betriebe durch Riemen, sei es zum Betriebe durch Schnüre versehen. Diese Stufenscheibe bekommt ihre Bewegung von einer liegenden Welle, die mit einer entsprechenden zweiten Stufenscheibe versehen ist, so daß man den Riemen oder die Schnur, ohne ihre Länge zu verändern, leicht von dem einen Paar zusammengehöriger Scheiben auf ein anderes Paar bringen kann.

Dieser Bedingung gemäß sind die Durchmesser der Stufenscheiben zu bestimmen, so daß auch das Umsetzungs-Verhältniß ein gegebenes sei.

(89)



Es sei A der Mittelpunkt der kleinern Scheibe und r der Halbmesser derselben; B sei der Mittelpunkt und R der Halbmesser der größern Scheibe, A B = e sei der Abstand ihrer Mittelpunkte; a b c d e f sei der umspannte Riemen, dessen Länge = L gesetzt wird; ziehe A C parallel der Tangente a b, so ist leicht zu übersehen, daß sich die Länge des ganzen Riemens ausdrückt durch die Summe:

Umspannter Bogen der Scheibe $B = \pi R + 2 R \varphi$.

Umspannter Bogen der Scheibe $A = \pi r + 2 r \varphi$.

Doppelte Länge der Tangente $2 ab = 2 AC = 2\sqrt{e^2 - (R-r)^2}$.

Es ist also

$$L = \pi (R + r) + 2 \varphi (R - r) + 2 \sqrt{e^2 - (R - r)^2}.$$

Für den Fall, daß $R = r$ ist, daß also die treibende Welle und die getriebene Scheibe gleich viel Umdrehungen machen, und wenn R_1 den Halbmesser der beiden gleich großen Scheiben bezeichnet, sei die Länge des Riemens

$$L_1 = 2 \pi R_1 + 2 e.$$

Da nun beide Längen gleich groß sein sollen, so hat man:

$$2 \pi R_1 + 2 e = \pi (R + r) + 2 \varphi (R - r) + 2 \sqrt{e^2 - (R - r)^2} \quad . \qquad \text{(I)}$$

Gewöhnlich ist der Bogen φ so klein, daß man ohne sonderlichen Fehler anstatt φ setzen kann $\sin . \varphi$, und dann ergiebt sich:

$$2 \pi R_1 + 2 e = \pi (R + r) + 2 \frac{(R - r)^2}{e} + 2 e \sqrt{1 - \left(\frac{R - r}{e}\right)^2}.$$

Ist die Differenz der Radien $(R - r)$ gegen die Entfernung e sehr klein, so kann man $\frac{R - r}{e}$ vernachlässigen, und dann hat man, indem man $\frac{R - r}{e} = 0$ setzt:

$$R + r = 2 R_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad \text{(II)}$$

Für diesen Fall genügt es also, die Summe der Halbmesser je zweier zusammengehörigen Stufenscheiben constant zu machen, und zwar gleich dem Durchmesser der beiden gleich großen Scheiben. Ist das Umsetzungs-Verhältniß

$$\frac{R}{r} = u, \text{ also } R = u r,$$

so ist für diesen Fall näherungsweise:

$$\text{(III)} \quad \ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} r = \dfrac{2\,R'}{u+1} \\ R = 2\,R' . \dfrac{u}{u+1} \end{array} \right.$$

Wenn aber das Verhältniß $\frac{R-r}{e}$ nicht gleich Null gesetzt werden kann, so würde man durch diese Rechnung die Halbmesser R und r nicht richtig, sondern, wie sich leicht übersehen läßt, zu groß bekommen. Um für diesen Fall die Halbmesser genau richtig zu erhalten, würde man eine ziemlich weitläufige Rechnung anzustellen haben; es genügt aber folgendes Näherungsverfahren:

Zuerst bestimme man die Summe $(R+r)$ durch die Gleichung:

$$(R+r) = 2\,R_1$$

und dann corrigire man diesen Werth, indem man von dem Werth $2\,R_1$ einen gewissen noch zu bestimmenden Werth f abzieht, so daß also näherungsweise zu setzen ist:

$$\text{(IV)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (R+r) = (2\,R_1 - f)$$

Indem wir den Werth IV in die Gleichung I einführen, folgt:

$$2\,\pi\,R_1 + 2\,e = 2\,\pi\,R_1 - \pi\,f + 2\,\varphi\,(R-r) + 2\sqrt{e^2 - (R-r)^2}$$

und daraus der Correctionswerth:

$$\text{(V)} \quad \ldots \quad f = \frac{2\,e}{\pi}\left[\sqrt{1 - \left(\frac{R-r}{e}\right)^2} - \left(1 - \varphi\,\frac{R-r}{e}\right)\right]$$

Aus dieser Gleichung läßt sich f, d. h. der Fehler, welchen man gemacht hat, indem man $R + r = 2\,R_1$ setzte, berechnen, wenn man vorher R und r nach der Gleichung III berechnet, dann die Differenz $R - r$ bildet, und den Werth φ durch die Gleichung

$$\sin .\,\varphi = \frac{R-r}{e}$$

bestimmt. Hat man diesen Fehler ermittelt, so setzt man denselben in die Gleichung IV und berechnet die corrigirten Werthe für r und R, indem man in die Gleichung III anstatt $2\,R_1$ den Werth $(2\,R_1 - f)$ setzt. Es ergiebt sich also der corrigirte Werth von r und R durch die Gleichung:

$$\text{(VI)} \quad \ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} r = \dfrac{2\,R_1 - f}{u+1} \\ R = (2\,R_1 - f)\,\dfrac{u}{u+1} \end{array} \right.$$

Da aber nach Gleichung V der Fehler f proportional ist dem Werthe e, so kann man denselben für die Einheit der Entfernung berechnen, indem man setzt:

$$\frac{f}{e} = \frac{2}{\pi}\left[\sqrt{1 - \left(\frac{R-r}{e}\right)^2} - \left(1 - \varphi\,\frac{R-r}{e}\right)\right].$$

Hiernach ist für die Einheit der Entfernung der Werth $\frac{f}{e}$ in folgender Tabelle berechnet worden.

Folgende Tabelle giebt die **Fehler** für die Einheit der Entfernung der beiden Axen.

Differenz der Radien dividirt durch die Entfernung der Axen $\frac{R-r}{e}$.	Werth des Winkels φ		Fehler dividirt durch die Entfernung der Axen $\frac{f}{e}$.	Differenzen für 0,01.
	im Gradmaaß.	im Bogenmaaß.		
0, 10	5° 44⅓′	0,1001626	0,0032787	0,00078050
0, 15	8° 38′	0,1506800	0,0071812	0,00111656
0, 20	11° 32′	0,2012946	0,0127640	0,00130774
0, 25	14° 29′	0,2527819	0,0193027	0,00191846
0, 30	17° 28′	0,3048509	0,0289000	0,00208777
0, 35	20° 29′	0,3575008	0,0393885	0,00244084
0, 40	23° 34′	0,4113159	0,0515927	0,00281138
0, 45	26° 45′	0,4668756	0,0656496	0,00314496
0, 50	30° —	0,5235988	0,0813744	0,00351932
0, 55	33° 22′	0,5823583	0,0989710	0,00391910
0, 60	36° 53′	0,6437356	0,1185665	0,00429472
0, 65	40° 33′	0,7077310	0,1400401	0,00471722
0, 70	44° 26′	0,7755080	0,1636262	0,00514056
0, 75	48° 35′	0,8479391	0,1893290	0,00566460
0, 80	53° 8′	0,9273516	0,2176520	0,00615116
0, 85	58° 12′	1,0157817	0,2484078	

Vermöge dieser Tabelle lassen sich die hierher gehörigen Aufgaben leicht lösen.

Beispiel.

Die Hauptbetriebswelle einer Werkstatt macht 40 Umdrehungen in einer Minute; die Spindel der Drehbank soll durch Betrieb mittelst Stufenscheiben so eingerichtet sein, daß sie

80 60 40 30 20 Umdrehungen

machen kann; die Entfernung der beiden Axen sei 40 Zoll, und die Halbmesser der beiden gleich großen Scheiben werden zu je 10 Zoll angenommen. Man hat die Umsetzungs-Verhältnisse der Reihe nach:

$$\left\{ \frac{80}{40};\quad \frac{60}{40};\ \frac{40}{40};\quad \frac{30}{40};\ \frac{20}{40} \right\}$$
$$\left\{ 2;\quad 1{,}5;\ 1;\quad 0{,}75;\ 0{,}50 \right\}$$

Nach III.	Die Radien a. d. treibenden Welle vorläufig	13,333″;	12;	10;	8,571;	6,6666
	Die Radien auf der getriebenen Welle .	6,666″;	8″;	10″;	11,429;	13,3333

$$\frac{\text{Differenz der Radien}}{\text{Entfernung der Welle}} = \frac{R-r}{e} = 0{,}1667;\quad 0{,}1000;\quad 0;\quad 0{,}07143;\quad 0{,}1667$$

$$\frac{\text{Fehler}}{\text{Entfernung der Axen}} = \frac{f}{e} = 0{,}009042;\ 0{,}0032787;\quad 0;\ 0{,}0023420;\ 0{,}009042$$

Absolute Fehler f = ...		0,36186;	0,131148;	0;	0,093680;	0,36186
		(0,36)	(0,13)		(0,09)	(0,36)
Nach VI. (Corrigirter Werth):	Halbmesser d. treib. Scheibe	13,10;	11,92;	10;	8,53,	6,55
	„ „ getrieb. Scheibe	6,55;	7,95;	10;	11,38,	23,10
	Summa:	19,65;	19,87;	20;	19,91,	19,65.

Bei dieser Rechnung ist zu bemerken, daß, um den Werth $\frac{f}{e}$ aus der Tafel zu finden, wenn der Werth $\frac{R-r}{e}$ nicht genau in der ersten Columne enthalten ist, man den nächst kleinern Werth der Tafel zu nehmen, und mittelst der in der letzten Columne enthaltenen Differenz zu ergänzen habe. Z. B. für

$\frac{R-r}{e} = 0,1667$ findet sich in der Tafel

0,15 mit dem Werth $\frac{f}{e}$ = ... 0,0071812

Differenz 0,0167 oder $\frac{1,67}{100}$

Differenz der Tafel für $\frac{1}{100} = 0,00111656$

folglich $\frac{1,67}{100} . 0,00111656$ = ... 0,0018609

Summa relativer Fehler = ... 0,0090421

und der absolute Fehler ergiebt sich, wenn man mit 40, d. i. mit der Entfernung der Axen multiplicirt.

Zweites Beispiel.

Die Entfernung der beiden Axen sei 32 Zoll, auf der treibenden Axe befinden sich zwei Scheiben, die eine von 19 Zoll Halbmesser, welche mit einer Scheibe der treibenden Axe von 1½ Zoll Halbmesser zusammen arbeitet, die andere von 17 Zoll Halbmesser; es ist der Halbmesser der entsprechenden Scheibe auf der getriebenen Welle zu bestimmen, welche mit dieser 17zölligen Scheibe zusammen arbeiten kann, so daß die Schnurlänge ungeändert bleibt.

Zunächst hat man $\frac{R-r}{e}$ für die beiden ersten Scheiben gleich 0,547, und dafür $\frac{f}{e} = 0,098$, folglich $f = 3,136$.

Nun ist für die gegebenen Scheiben $R + r = 20,5$, folglich würde der Halbmesser zweier gleich großen Scheiben $R_1 = \frac{R + r + f}{2} = 11,818$ sein.

Hieraus ergiebt sich vorläufig mittelst der Gleichung:

$$2 R_1 = R + r$$

der gesuchte Halbmesser

$$r = 2 . 11,818 - 17 = 6,64.$$

Nun ist für diese beiden Scheiben $\frac{R - r}{e} = \frac{17, - 6,64}{32} = 0,324$, mithin $\frac{f}{e} = 0,034$ und $f = 1,088$; daher ist $17 + r = 2 R_1 - f = 22,546$, und nun folgt schließlich der gesuchte Halbmesser nach der Correction $r = 5,546$.

Wenn man Gegenstände von sehr großem Durchmesser abzudrehen hat, so reicht der Betrieb durch Stufenscheiben oft nicht aus. Der zur unmittelbaren Umdrehung der Spindel erforderliche Druck würde zu breite und starke Riemen erfordern, und man zieht es dann vor, neben den Stufenscheiben noch Vorgelegsräder anzuwenden. Beispiele zu dieser Anordnung liefert die englische Drehbank auf Taf. XXVII. und die Hamann'sche Drehbank auf Taf. XXVIII. und XXIX. Auf Taf. XXVII. ist bei Fig. K die Stufenscheibe besonders dargestellt. Das System der Stufenscheiben a ist lose drehbar auf der Spindel; mit der Stufenscheibe fest verbunden ist das Getriebe b, welches sich also gemeinschaftlich mit denselben dreht. Das Rad e, welches auf der andern Seite neben den Stufenscheiben sitzt, ist mit der Spindel fest verbunden und setzt dieselbe in Umdrehung. Sollen nun die Stufenscheiben zum unmittelbaren Betriebe der Spindel dienen, so kuppelt man durch einen Stift x das Rad e mit den Stufenscheiben; will man aber die Bewegung der Spindel durch Rädervorgelege verlangsamen, so hebt man die Kuppelung auf und setzt das Getriebe b mit dem Vorgelegsrade c auf der mit der Spindel D parallelen Vorgelegswelle E in Eingriff; nun wird vermöge dieser Welle die Bewegung von dem Getriebe d an das Rad e und damit an die Spindel übertragen. Es versteht sich von selbst, daß während das Rad e mit den Stufenscheiben a durch den Stift x gekuppelt ist, die Welle E außer Eingriff gebracht werden muß. Dies geschieht mittelst der Handhabe G, welche in der Richtung des Pfeils (Fig. C) gedreht wird, und dadurch vermöge des Schlitzes y, der nicht aus dem Drehpunkt z' beschrieben, vielmehr zu demselben excentrisch ist, die Axlager in den Trägern F F zur Seite schiebt. Die Getriebe b und e haben jedes 13 Zähne, die Räder c und e jedes 52 Zähne; es besteht also zwischen den Stufenscheiben und der Spindel, wenn man das Vorgelege einrückt, ein Umsetzungs-Verhältniß wie 1 zu 16.

Bei der Hamann'schen Drehbank Taf. XXVIII. und XXIX. ist das Rädervorgelege in ähnlicher Weise construirt. Dieselben Buchstaben a b c d und e bezeichnen hier die analogen Theile der so eben erklärten Construction.

Fig. h auf Taf. XXIX. zeigt den Durchschnitt der Stufenscheibe a, welche sich lose auf der Welle dreht; durch den Stift x wird das Rad e mit der Stufenscheibe gekuppelt und die Spindel direct in Betrieb durch die Stufenscheiben gesetzt; löst man die Verbindung x und rückt man das Vorgelege ein, so greift das Getriebe b in das Rad c, das Getriebe d in das Rad e, und nun wird die Spindel mittelst des Rädervorgelegs bewegt. Die Getriebe b und d haben jedes 16, die Räder c und e jedes 64 Zähne, es ist also auch hier ein Umsetzungs-Verhältniß von $^1/_{16}$ zwischen der Stufenscheibe und der Spindel. Bei der Hamann'schen Drehbank (vergl. Fig. a b und c) ist jedoch noch eine

zweite Vorgelegswelle vorhanden. Dieselbe Welle, welche das Getriebe d und das Rad c trägt, trägt noch ein Getriebe f, welches in ein Wechselrad g greift, das lose auf einem Bolzen des Gerüstes steckt und die Bewegung an das Rad h überträgt. Die Welle dieses Rades bewegt durch Eingriff des Getriebes i das Rad e auf der Spindel. Soll dieses Vorgelege zur Geltung kommen, so hat man nur nöthig, das Rad d außer Verbindung mit der Welle zu bringen, indem man den Nabenkeil herausnimmt und dafür das Getriebe f mit derselben Welle kuppelt. Da nun die Getriebe f und i, jedes 16 Zähne, und das Rad h 64 Zähne hat, so hat man durch dieses zweite Vorgelege zwischen der Stufenscheibe und der Spindel ein Umsetzungs-Verhältniß: $\frac{b.f.i}{e.c.h} = \frac{1}{64}$.

§. 98.

Mittel, um dem schneidenden Werkzeug eine, von der Rotation der Spindel abhängige, continuirliche Verschiebung zu geben.

Bei den gewöhnlichen Drehbänken, wie sie in Maschinenwerkstätten vorkommen, begnügt man sich damit, Gegenstände darzustellen, deren Leitlinie (§. 95, S. 536) eine gerade Linie ist; wenigstens wendet man nur für diesen Fall eine Verschiebung des schneidenden Werkzeugs durch die Maschine selbst an, während man bei andern Körperformen, welche sich nicht mit gerader Leitlinie darstellen lassen, die Verschiebung des schneidenden Werkzeugs durch die Hand des Arbeiters bewirkt.

Wir wollen hier zunächst über die Mittel sprechen, die man anwendet, um das schneidende Werkzeug geradlinig, und zwar durch einen von der Maschine selbst bewegten Mechanismus fortzuschieben.

Diese Verschiebung erfolgt gewöhnlich:

a) entweder parallel mit der Axe der Spindel,

b) oder normal zur Axe der Spindel.

Die Verschiebung parallel mit der Axe der Spindel wird am häufigsten durch die Maschine selbst bewirkt, während die Verschiebung des schneidenden Werkzeugs normal zur Axe der Spindel in viel seltenern Fällen durch einen von der Maschine bewegten Mechanismus erfolgt.

a) Mechanismus, um das schneidende Werkzeug parallel mit der Spindel zu verschieben.

Das schneidende Werkzeug (der Stichel) wird in einem Gerüst (Support oder Vorlage) befestigt, und dieses ist auf dem sogenannten Bett, welches aus genau ebenen und mit der Axe der Spindel parallelen Wangen besteht, in Führungen verschiebbar. Der Support hat noch mancherlei Einrichtungen und Anordnungen, die unsern nächsten, hier in Rede stehenden Zweck nicht berühren, und deren Zweck und Bedeutung wir im weitern Verfolg dieser Abhandlung besprechen werden. Vorläufig betrachten wir den Support nur als ein auf den Wangen der Drehbank ruhendes, zwischen denselben geführtes und

parallel mit der Spindelaxe verschiebbares Gerüst, welches den Stichel trägt, und es kommt nur darauf an nachzuweisen, wie die Verschiebung des Supports bewirkt wird. Hierzu wendet man vorzugsweise zwei verschiedene Mittel an, nämlich:

1) die Zahnstange mit Getriebe,

2) die Schraube mit Mutter.

In beiden Fällen geht die Bewegung von der Spindel aus, und man hat daher nur die rotirende Bewegung der Spindel in eine geradlinig fortschreitende zu verwandeln, so daß bei jeder Umdrehung der Spindel der Support mit dem Stichel um ein bestimmtes Stück fortschreitet.

1) Bewegung des Supports durch Zahnstange mit Getriebe.

Ein Beispiel dieser Anordnung zeigt die auf Taf. XXVII. dargestellte englische Drehbank. Auf dem Bett B (Fig. A B C und D) ruht die Grundplatte L des Supports, welche den in einem Ständer (Stichelhause) befestigten Stichel M trägt, und mit diesem der Länge nach auf dem Bett B verschiebbar ist. An dem Bett B befindet sich der ganzen Länge nach die Zahnstange u u befestigt (Fig. G im Detail), während an dem Support, in Lagern hängend, eine kleine Welle mit dem Getriebe t befindlich ist (Fig. E im Detail), welches in die Zahnstange u eingreift. Wenn die Welle mit dem Getriebe t gedreht wird, so wickelt sich das Getriebe auf der Zahnstange ab, und die Axe der Welle, folglich auch der mit derselben zusammenhängende Support ist um einen Weg verschoben, der gleich dem abgewickelten Bogen des Getriebes t ist. Hiernach kommt es nur darauf an, das Getriebe t durch die Spindel in Umdrehung zu setzen. Der hierzu dienende Mechanismus ist folgender:

Auf der kleinen Welle, welche das Getriebe t trägt, sitzt noch das Zahnrädchen s, und dieses wird durch Eingriff von dem Rade s′ bewegt, das auf der Welle q sitzt, die ebenfalls im Support gelagert ist. Diese Welle trägt ein Schneckenrad i′, das mit einer Schraube ohne Ende g′ in Eingriff steht, und folglich durch Umdrehung dieser Schraube g′ die verlangte Bewegung zur Fortschiebung des Supports erhält. Da bei der Fortschiebung des Supports der ganze eben beschriebene Mechanismus, mit Ausschluß der Zahnstange a, sich mit verschiebt, so darf die Schraube g′ auf ihrer Welle f′ nicht fest sitzen, sondern ist auf derselben der Länge nach verschiebbar, indessen ist durch eine lange Nuthe in der Welle, die in eine Feder in der Nabe der Scheibe eingreift, dafür gesorgt, daß die Welle f′ und die Schraube g′ sich stets gemeinsam drehen müssen. Die Welle f ist an beiden Enden in Lagern unterstützt und wird außerdem durch Axträger h′, welche am Support befestigt sind (Fig. H), zu beiden Seiten der Schraube g′ gehalten. Auf der Welle f′ befinden sich in der Nähe des treibenden Endes zwei konische Räder m′ n′, welche lose auf der Welle sitzen, aber durch eine verschiebbare Kuppelung k′ mittelst des Hebels e′ abwechselnd mit der Welle f′ gekuppelt werden können. Da die beiden Räder m′ und n′ vermöge des eingreifenden konischen Zwischenrades sich nach entgegengesetzten Richtungen drehen müssen, so ist, je nachdem man das eine oder das andere mit der Welle f′

kuppelt, eine Vorwärts- oder eine Rückwärts-Bewegung des Supports bedingt.

Das konische Rad n′ ist mittelst einer Hülse auf die Welle f′ aufgeschoben und bekommt durch das Rädchen e′ die erforderliche Umdrehung, indem dieses mit einem Getriebe in Eingriff steht, auf dessen Welle sich die Stufenscheibe c′ befindet, die von der Stufenscheibe b′ getrieben wird, während diese von der Spindel aus mittelst der Rädchen v und a′ Bewegung erhält.

Das Rädchen v habe z Zähne; a′ habe deren Z; die Halbmesser der correspondirenden Stufenscheiben seien r auf der treibenden, R auf der getriebenen Welle; das Rädchen der Welle der Scheibe c′ habe z′, das Rädchen e′ habe Z′ Zähne. Das Schraubenrad i′ möge Z″ Zähne haben, s und s′ sollen gleich viel Zähne besitzen und der Halbmesser des Getriebes t sei ϱ. Nun macht während einer Umdrehung der Spindel

die Scheibe b′ . . . . . . $\frac{z}{Z}$ Umdrehungen,

die Scheibe c′ . . . . $\frac{z}{Z} \cdot \frac{r}{R}$

die Welle f′ . . . . $\frac{z}{Z} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{z'}{Z'}$

die Welle q und das Getriebe $t = \frac{z}{Z} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{z'}{Z'} \cdot \frac{1}{Z''}$.

Es ist mithin eine Bogenlänge des Getriebes t abgewickelt, oder der Support verschoben worden um ein Stück gleich:

$$2 \pi \varrho \cdot \frac{z \cdot r \cdot z'}{Z \cdot R \cdot Z' \cdot Z''}$$

welches nach den Bezeichnungen in §. 95 gleich δ zu setzen ist. Hieraus folgt das Verhältniß der Halbmesser der Stufenscheiben:

$$\frac{r}{R} = \frac{\delta}{2 \pi \varrho} \cdot \frac{Z \cdot Z' \cdot Z''}{z \cdot z'}.$$

Bei der hier dargestellten Drehbank ist $z = 40$; $Z = 80$; $z' = 20$; $Z' = 60$; $Z'' = 40$; $\varrho = 1\frac{1}{2}$ Zoll; folglich hat man:

$$\frac{r}{R} = \delta \cdot \frac{80 \cdot 60 \cdot 40}{2 \cdot \pi \cdot 1{,}5 \cdot 40 \cdot 20} = \delta \cdot 25{,}4$$

und wenn man den Vorschub des Stichels für jede Umdrehung zu $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{80}$ Zoll normirt, so würden die Umsetzungs-Verhältnisse der Stufenscheiben b′ und c′ sich ergeben gleich $\frac{1}{0{,}8} : \frac{1}{1{,}6}; \frac{1}{3{,}2}$.

Es ist noch zu erwähnen, daß man mittelst eines Hebels mit Fallkugel j′ das Schneckenrad i′ auf der Welle q so verschieben kann, daß es außer Eingriff mit der Schraube g′ kommt; hierdurch wird der Support von dem Bewegungs-Mechanismus durch die Spindel unabhängig; und nun läßt sich die Welle q durch die Kurbel p mit der Hand bewegen. Man kann auf diese Weise dem Support die fortschreitende Bewegung auch mit der Hand ertheilen.

2) Bewegung des Supports durch Schraube und Mutter.

Um den Support mittelst Schraube und Mutter auf dem Bett der Drehbank fortzuschieben, bedient man sich einer sogenannten Leitspindel, d. i. einer Schraube, welche die ganze Länge der Drehbank hat, an beiden Enden in dem Bett der Drehbank gelagert ist, und deren Axe genau parallel mit der Richtung liegt, in welcher der Stichel fortgeschoben werden soll. Der Support ist mit einer Schraubenmutter versehen, die gehindert ist sich zu drehen, und die sich folglich geradlinig verschiebt, wenn man die Leitspindel dreht, und wenn diese gehindert ist, sich zu verschieben *). Die Leitspindel bekommt ihre Bewegung von der Spindel und zwar entweder:

mittelst Riem- oder Schnur-Scheiben oder mittelst Rädervorgelege.

Die erste Anordnung ist beispielsweise bei der Hamann'schen Drehbank Taf. XXVIII. und XXIX. dargestellt. Man wendet den Vorschub mittelst Riem- und Schnur-Scheiben stets an, wenn man ein langes Stück auf der Drehbank abzudrehen hat; diese Anordnung hat dann den Vortheil, daß bei zufällig eintretenden größern Widerständen der Riemen oder die Schnur gleiten und hierdurch dem Bruch irgend eines Maschinentheils vorbeugen; — dagegen wird eben wegen dieses möglichen Gleitens der Vorschub bei einer Umdrehung nicht ein ganz bestimmter, sondern einmal etwas größer, ein andermal ein wenig kleiner sein.

Wenn es nun darauf ankommt, den Vorschub während jeder Umdrehung genau gleich groß zu machen, wie dies z. B. beim Schraubenschneiden auf der Drehbank erforderlich ist, so muß man den Zusammenhang zwischen der Spindel und der Leitspindel mittelst Zahnräder mit Eingriff herstellen, um ihn vollständig zu sichern. Auch diese Einrichtung zum Schraubenschneiden ist bei der auf Taf. XXVIII. und XXIX. dargestellten Hamann'schen Drehbank neben dem Verschub durch Schnurscheiben, der beim gewöhnlichen Drehen angewandt wird; ebenso befindet sich auch an der auf Taf. XXVII. gezeichneten englischen Drehbank außer der Vorrichtung den Support durch Riemscheiben mittelst Zahnstange und Getriebe zu verschieben, noch eine andere Vorrichtung, denselben mittelst Leitspindel und durch Rädervorgelege behufs des Schraubenschneidens zu verschieben.

Der Betrieb der Leitspindel erfolgt bei der auf Taf. XXVIII. und XXIX. gezeichneten Hamann'schen Drehbank in folgender Weise. Der Support A (in Fig. a in der Ansicht, Fig. b im Grundriß, Fig. n o p q r in den Details gezeichnet) trägt unter seiner Grundplatte bei k (Fig. p) eine Schraubenmutter, durch welche die Leitspindel l durchgeht. Die Schraubenmutter ist am Drehen gehindert; die Leitspindel l ist in den beiden Kopfstücken des Bettes gelagert; rechts (Fig. a) in einer Kernspitze, links (Fig. a) in einem Halslager; bei m sieht man das über das Halslager nach außen hervorstehende Ende (Fig. a und c). Dieses Ende m dient zur Bewegung der Leitspindel, und damit zur Bewegung des Supports; und zwar kann hier die Bewegung der Leitspindel

*) Masch. Thl. I. S. 55.

auf dreierlei Weise geschehen, während zur Bewegung des Supports noch ein viertes Mittel vorhanden ist.

Am einfachsten erfolgt die Bewegung der Leitspindel und damit ein Verschieben des Supports mit Hilfe einer Kurbel m''', welche man auf das Ende m aufsteckt (Fig. a) und an welcher man mit der Hand vorwärts oder rückwärts dreht.

Beim gewöhnlichen Drehen wendet man den Betrieb durch die Schnurscheiben n und o an. Auf der Spindel fest sitzt nämlich das Stirnrädchen p (Fig. a b und h), welches in ein zweites Rädchen q eingreift, das auf der Welle r befestigt ist; diese Welle r reicht bis nach außen und trägt hier die Stufenscheibe n, die in Verbindung mit der Stufenscheibe o steht. Die Axe dieser letztern trägt ein kleines Rädchen s und liegt auf dem drehbaren Hebel u. Durch Stellung dieses Hebels (Fig. c) kann man das Rädchen s außer Eingriff mit dem auf dem Spindelende m befestigten Rade t bringen, welche Stellung in der Figur gezeichnet ist, oder man kann den Hebel so drehen und in dem Bügel u' feststellen, daß das Rädchen s, welches von der Schnurscheibe o bewegt wird, in das Rad t eingreift und folglich die Leitspindel nach einer bestimmten Richtung umdreht. Will man die Leitspindel nach entgegengesetzter Richtung drehen, so verschiebt man den Hebel u (Fig. c) so weit nach rechts, daß das Rädchen s', welches in fortwährendem Eingriff mit s steht, in das Rad t eingreift. Nun wirkt s' als Wechselrad und kehrt die Bewegungsrichtung um, im Vergleich mit dem directen Eingriff von s in t. Die Schraube mag für jeden Zoll ihrer Länge x Schraubengewinde haben; es wird also bei einer Umdrehung der Schraube der Support mit dem Stichel um $\frac{1}{x}$ Zoll verschoben. Hat das Rad t eine Anzahl von Z, das Rädchen s eine Anzahl von z Zähnen; ferner das Rad p z' und das Rad q Z' Zähne, und sind endlich die Halbmesser der arbeitenden Stufenscheiben n und o, r und R, so macht bei einer Umdrehung der Spindel die Leitspindel:

$$\frac{z}{Z} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{z'}{Z'} \text{ Umdrehungen,}$$

folglich ist die Verschiebung des Supports bei einer Umdrehung der Spindel:

$$\delta = \frac{1}{x} \cdot \frac{z}{Z} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{z'}{Z'}$$

und daraus folgt das Umsetzungsverhältniß der Stufenscheiben.

$$\frac{r}{R} = \delta \cdot x \cdot \frac{Z \cdot Z'}{z \cdot z'}.$$

Bei der hier dargestellten Drehbank ist $Z = 117$; $Z' = 40$; $z = 13$; $z' = 36$; und endlich ist $x = 1^2/_3$; man hat also

$$\frac{r}{R} = \delta \cdot 16^2/_3.$$

Normirt man wiederum δ nach §. 96, S. 543 gleich . $^1/_{20}''$ $^1/_{40}''$ $^1/_{80}''$

so ist $\frac{r}{R} =$ . . . . $^5/_6$ — $^5/_{12}$ — $^5/_{24}$.

Bevor wir auf die Bewegung der Leitspindel durch Räder-Eingriff eingehen, wollen wir hier gleich die vierte Methode zur Bewegung des Supports mit Hilfe der Leitspindel erklären; sie beruht darauf, daß man die Leitspindel feststellt und die Mutter am Support dreht; dann muß sich dieselbe auch gleichzeitig geradlinig mit dem Support gemeinschaftlich verschieben. Um der Mutter diese drehende Bewegung zu geben, ist dieselbe, wie Fig. p, Taf. **XXIX.** bei k andeutet, auf der äußern Peripherie mit Zähnen, nach Art eines Schneckenrades versehen; in diese Zähne greift die Schraube ohne Ende k' auf der Axe k''.

Durch ein Getriebe a' auf derselben Axe (Fig. p und a), welches durch das Wechselrad a'' von dem Rade a''' mit Hilfe der an dem Support befindlichen Kurbel b'' (Fig. a und b) gedreht werden kann, setzt man diesen Mechanismus in Bewegung, und man kann so von dem Support aus dasselbe sowohl rückwärts als vorwärts verschieben, je nachdem man die Kurbel b'' nach der einen oder der andern Richtung umdreht.

Soll die Leitspindel durch Räderwerk in Bewegung gesetzt werden, so muß man zunächst den „Betrieb durch Schnurscheiben" außer Eingriff setzen, indem man den Hebel u in die Stellung der Figur c (Taf. **XXIX.**) bringt.

Nun kann man sowohl auf der Welle r als auch auf dem Ende der Leitspindel m Räder von verschiedener Zähnenzahl aufsetzen, und um den Eingriff dieser beiden Räder, welche wir mit r' und m' bezeichnen wollen, zu vermitteln, kann man entsprechende Zwischenräder r'' und m'' einsetzen, deren Axen in einem Kloben C sitzen, den man in der geeigneten Lage an der Spindeldocke der Drehbank befestigen kann.

Eine sehr ähnliche Anordnung ist bei der englischen Drehbank auf Taf. **XXVII.** Hier dient die Leitspindel N mit der Mutter n zum Schraubenschneiden. Man hat zunächst den Betrieb des Supports mittelst „Zahnstange und Getriebe" außer Thätigkeit zu setzen, indem man durch den Hebel o das Schneckenrad i' aus der Schraube ohne Ende schiebt, sodann vermittelt man den Zusammenhang zwischen der Spindel und der Leitspindel durch Rädervorgelege. Auf der Spindel ist das Getriebe v befestigt; auf der Leitspindel das Rad z. Je nachdem es erforderlich wird, schiebt man zwischen v und z nur Wechselräder oder noch ein Vorgelege (wie in der Zeichnung) ein. In Fig. C auf Taf. **XXVII.** ist w ein Wechselrad, welches den Eingriff des Getriebes v und des Rades x vermittelt, auf dessen Zähnezahl es also nicht ankommt; auf der Welle des Rades x sitzt das Getriebe y, welches in das Rad z auf der Leitspindel eingreift.

Bezeichnet sowohl für die Anordnung der Tafeln **XXVIII.** und **XXIX.**, als auch für die Anordnung auf Taf. **XXVII.**

x die Zahl der Schraubengänge der Leitspindel auf einen Zoll Länge,

Z und Z' die Anzahl der Zähne der Räder auf der Vorgelegswelle und auf der Leitspindel,

z und z' die Anzahl der Zähne der Getriebe auf der Spindel und auf der Vorgelegswelle, so ist die Länge δ, um welche der Stichel vorgeschoben wird, für eine Umdrehung der Spindel

$$\delta = \frac{1}{x} \cdot \frac{z \, . \, z'}{Z \, . \, Z'}.$$

Diese Länge δ giebt eben die Steigung der zu schneidenden Schraube. Wenn nun diese darzustellende Schraube auf 1 Zoll Länge y Schraubengänge bekommen soll, so ist die Steigung $\delta = \frac{1}{y}$.

Man hat also:

$$\frac{1}{y} = \frac{z \, . \, z'}{Z \, . \, Z'} \cdot \frac{1}{x}; \text{ oder } \frac{y}{x} = \frac{Z \, . \, Z'}{z \, . \, z'}.$$

Hiernach kann man für jede Feinheit des Gewindes die Zahl der Zähne der Vorgelegsräder bestimmen. Hat die Leitspindel auf 1 Zoll Länge 2 Gänge; also x = 2, so kann man, wenn man Räder mit folgenden Zähnenzahlen vorräthig hat:

20; 30; 40; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110; 120; 130; 140; 150;

Folgende 84 Steigungen schneiden:

A. mit einfachem Vorgelege.

Anzahl d. Gewinde auf 1 Zoll Länge	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/4	4 1/2	4 3/4	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8
Getriebe auf der Spindel . .	80	80	80	80	90	80	80	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Rad auf der Leitspindel . .	40	50	60	70	90	90	100	110	120	130	140	150	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	120

B. mit zweifachem Vorgelege.

Anzahl d. Gewinde auf 1 Zoll Länge	8 1/4	8 1/2	8 3/4	9 1/2	9 3/4	10	10 1/2	11	12	12 3/4	13	13 1/2	13 3/4	14	14 1/4	15	16	16 1/4	16 1/2	17	17 1/2
Getriebe auf der Spindel . .	40	90	60	90	40	60	50	60	90	60	90	60	80	90	60	90	60	80	80	45	80
Vorgelegsrad	55	85	70	90	60	75	70	55	90	85	90	90	100	90	90	90	80	100	110	85	100
Getriebe auf der Vorgelegs-Welle	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Rad auf der Leitspindel . .	60	90	75	95	65	80	75	120	120	90	130	90	110	140	95	150	120	130	120	90	140

Anzahl d. Gewinde auf 1 Zoll Länge	18	18 3/4	19	19 1/2	20	20 1/4	21	22	22 1/2	22 3/4	23 3/4	24	25	25 1/2	26	27	27 1/2	28	28 1/2	30
Getriebe auf der Spindel . .	40	80	50	80	60	40	80	60	80	80	40	65	60	30	70	40	40	75	30	70
Vorgelegsrad	60	100	95	120	100	90	120	110	120	130	95	120	100	85	130	90	100	140	90	140
Getriebe auf der Vorgelegs-Welle	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Rad auf der Leitspindel . .	120	150	100	130	120	90	140	120	150	140	100	130	150	90	140	120	110	150	95	150

Anzahl d. Gewinde auf 1 Zoll Länge	32	33	34	35	36	38	39	40	42	44	45	45 1/2	50	52	52 1/2	55	56	60	65	70
Getriebe auf der Spindel . .	30	40	30	60	30	30	40	30	50	30	30	40	30	35	40	30	30	30	30	30
Vorgelegsrad	80	110	85	140	90	95	120	100	140	110	90	130	100	130	140	110	120	120	130	140
Getriebe auf der Vorgelegs-Welle	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Rad auf der Leitspindel . .	120	120	120	150	120	120	130	120	150	120	150	140	150	140	150	150	140	150	150	150

Es ist bei dieser Anordnung zu bemerken, daß zwischen der zu schneidenden Schraube und der Leitspindel in Bezug auf den absoluten Werth der Steigung stets nur ein rationales Verhältniß stattfinden kann. Hat z. B. die Leitspindel x Gänge auf einen englischen Zoll, so kann auch die dargestellte Schraube nur y Gänge auf einen englischen Zoll bekommen, man kann aber nicht mit derselben Leitspindel auch Schrauben schneiden, die y Gänge auf einen preußischen Zoll bekommen, weil zwischen dem englischen und dem preußischen Zoll kein rationales Verhältniß besteht. Da man nun für die Schrauben die Whitworth'sche Schraubenscala *) fast überall in Anwendung bringt, dieselbe aber auf den englischen Zoll begründet ist, so wird man gut thun, den Leitspindeln der Drehbänke, welche zum Schraubenschneiden bestimmt sind, eine Theilung nach englischen Zollen zu geben.

b) Mechanismus, um das schneidende Werkzeug normal zur Spindel zu verschieben.

Die Verschiebung des schneidenden Werkzeugs normal zur Spindel geschieht bei den meisten Drehbänken durch die Hand des Arbeiters, selten bedient man sich dazu besonderer Mechanismen, welche von dem rotirenden Arbeitsstück aus bewegt werden können. Ein Beispiel solcher Anordnung, bei welcher die Normalbewegung des Supports durch die Rotation der Spindel bewirkt wird, giebt indessen die Support-Construction von Joseph Whitworth, welche auf Taf. XXXV. Fig. 1 dargestellt ist. Fig. 1ᵃ zeigt die Vorderansicht, Fig. 1ᵇ den Querschnitt und Fig. 1ᶜ den Längenschnitt. A A ist das Bett der Drehbank, welches von den Füßen B B unterstützt ist. Der Support wird in seiner Grundlage durch eine breite Eisenplatte C C gebildet, welche mittelst angeschraubter Coulissen a a auf dem Bett sehr genau geführt wird.

Der Support besteht außer der Grundplatte C noch aus drei Haupttheilen D E und F.

Der erste Theil D kann auf der Grundplatte C mittelst Schrauben d d, deren Tförmige Köpfe in entsprechende Nuthen greifen, je nach Bedürfniß in verschiedenen Positionen befestigt werden; der zweite Theil E ist ein Schlitten, welcher mittelst der Schraube f, deren Mutter an demselben befestigt ist, nach der Längenrichtung des Stückes D bewegt werden kann, und der dritte Theil F ist das Stichelhaus, welches in sehr ähnlicher Weise durch die Schraube mit Kurbel h rechtwinkelig gegen den Schlitten E verschiebbar ist, bei i ist der Stichel mit Hilfe der Klemmschrauben j j befestigt. Die Bewegungen, welche man mit dem Stichel i ausführen kann, sind folgende:

1) mittelst der Kurbel h und
2) mittelst einer auf der Schraube f zu befestigenden Kurbel g (Fig. 1ᵃ) läßt sich der Stichel nach zwei zu einander normalen Richtungen bewegen, welche in einer Horizontalebene liegen. Die Lage dieser Richtungen ist variabel zu machen, wenn man das Stück D auf der Platte C in verschiedenen Positionen befestigt.

*) Vergl. Masch. Thl. I. S. 63.

3) mittelst der Leitspindel G, welche mit dem rotirenden Arbeitsstück gleichzeitig gedreht wird, kann man mit Hilfe der Schraubenmutter k, welche an der Supportplatte C befestigt ist, den ganzen Support mit dem Stichel nach der Längenrichtung der Drehbank verschieben.

4) Nachdem man die Schraubenmutter k mit Hilfe eines Stiftes l von der Schraube G abgelöst und die Spindel G festgestellt hat, kann man durch die Kurbel m mittelst der Rädchen n und o das Schneckenrad p bewegen; dieses greift in die Leitspindel G nach Art eines Getriebes, welches in eine Zahnstange faßt, ein, und wickelt sich auf derselben ab; der ganze Support wird auf diese Weise mittelst Handdrehung fortgeschoben.

5) Die Schraubenmutter k bleibt ausgelöst; die Supportplatte C wird mit Hilfe einer Klemmschraube b, die durch den Hebel c angezogen werden kann, festgestellt; die Leitspindel G wird durch einen mit dem rotirenden Arbeitsstück in Verbindung stehenden Mechanismus (s. oben) gedreht, und nun greift die Schraube G in das Schraubenrad p, das Rädchen o in das Rädchen q, auf der Welle desselben sitzt das Zahnrad r, welches die Bewegung an das Zahnrad s überträgt, welches auf der Axe der Schraube f befestigt ist. Es wird also vermöge dieser Verbindung der Schlitten E auf dem Stück D fortbewegt, und hiermit auch der Stichel. Hierin besteht der Mechanismus, um dem Stichel eine Bewegung normal zur Richtung der Spindel zu geben. Soll die Bewegung unterbrochen werden, so bringt man das Rad s mittelst des Rückhebels t außer Eingriff mit dem Rade r. — Durch Veränderung des Verhältnisses zwischen den Halbmessern s und r kann man die Geschwindigkeit des Vorschubs ändern.

6) Die Bewegungen 3 und 5 lassen sich combiniren, wenn man den Support mittelst der Handhabe c löst und wieder verschiebbar macht, die Mutter k einrückt und die Räder s und r in Eingriff läßt.

Die Bewegungen 3, 5 und 6 sind von der Bewegung der Spindel abhängig und erfolgen durch die Betriebskraft der Drehbank; die Bewegungen 1, 2 und 4 sind unabhängig von der Bewegung der Spindel und lassen sich nur durch die Hand des Arbeiters ausführen.

§. 99.

Allgemeine Anordnung und übliche Dimensionen der Drehbänke.

Die in Maschinenwerkstätten gebräuchlichen Drehbänke werden entweder durch den Arbeiter selbst bewegt, und zwar mittelst eines an einer Krummaxe hängenden Trittbretts, oder sie werden durch Riemscheiben von einer außerhalb der Drehbank liegenden treibenden Welle bewegt. In dieser Beziehung unterscheidet man

a) Fußdrehbänke,

b) Maschinendrehbänke.

Das schneidende Werkzeug wird entweder durch die Hand des Arbeiters frei geführt, indem an der Drehbank nur eine Vorrichtung zur Unter-

stützung desselben (eine Vorlage) sich befindet, während sowohl die Lage als die Richtung und die Geschwindigkeit der Fortbewegung des schneidenden Werkzeugs lediglich der Geschicklichkeit und der Uebung des Arbeiters überlassen bleibt, oder es wird das schneidende Werkzeug an einem Support befestigt, und entweder mit demselben, sei es durch einen von der Spindel aus bewegten Mechanismus (§. 98), sei es durch Kurbelbewegung mit der Hand, (§. 98) fortgeschoben, oder es wird der Support festgestellt, und das schneidende Werkzeug auf dem Support fortgeschoben.

Man unterscheidet hiernach:

a) Drehbänke mit Vorlage zum Drehen aus freier Hand,

b) Drehbänke mit Support:

aa) mit beweglichem Support,

bb) mit feststehendem Support und verschiebbarem Stichel,

cc) mit combinirter Einrichtung, welche sowohl die Anwendung aa als bb umfaßt.

Das Arbeitsstück wird entweder an der Spindel unwandelbar befestigt, und ist so gezwungen, sich mit der Spindel gemeinschaftlich zu drehen, oder es wird dasselbe in Lager gelegt (in den meisten Fällen zwischen Kernspitzen) und mittelst einer nachgiebigen Kuppelung (dem Mitnehmer) von der Spindel in Umdrehung gesetzt.

Bei der ersten Anordnung ist gewöhnlich auf der Spindel eine Scheibe zur Befestigung des Arbeitsstückes (Planscheibe) oder ein hohles topfartiges Futter für denselben Zweck befestigt. Hiernach unterscheidet man:

a) Scheibendrehbänke,

b) Spitzendrehbänke,

c) Combinirte Drehbänke,

die sowohl für Planscheiben und Futter, als auch für das Drehen zwischen Spitzen und in Lagern eingerichtet sind.

Bei allen Drehbänken kommt es darauf an, die Lage der Drehaxe des Arbeitsstückes genau zu bestimmen, und außerdem die Möglichkeit der Verschiebung des schneidenden Werkzeugs parallel mit dieser Drehaxe zu sichern.

Die Grundlage jeder Drehbank ist zu diesem Zwecke ein sogenanntes Bett, auf welchem alle Arbeitstheile der Drehbank befestigt sind, und welches sehr genaue geradlinige und mit der Spindelaxe parallele Verschiebungen gestattet. Dieses Bett besteht entweder aus einem Prisma, dessen Axe mit der Drehaxe der Spindel parallel ist, oder es besteht aus zwei bis drei unter einander parallelen Schienen (Wangen). Man pflegt daher zu unterscheiden:

a) Prisma-Drehbänke (für leichte Gegenstände),

b) Drehbänke mit Wangen.

Außerdem pflegt man noch mancherlei Benennungen für besondere Constructionen von Drehbänken zu brauchen, z. B. Universal-Drehbänke, Kunst-Drehbänke, Drehbänke mit Fraisenvorrichtungen u. s. w.

Im Allgemeinen hat man hiernach bei den meisten Drehbänken folgende Hauptttheile zu unterscheiden:

1) das Bett mit Zubehör,
2) die Docken mit Zubehör,
3) den Support mit Zubehör.

1) Das Bett.

Das Bett der Drehbank ist entweder von Holz und besteht dann aus zwei parallelen hölzernen Balken, auf welchen die einzelnen Theile befestigt werden, oder es ist aus Gußeisen und sehr exakt bearbeitet und gehobelt. Die letztgenannte Construction ist der größern Genauigkeit und Sicherheit wegen unbedingt vorzuziehen. Taf. XXVI. Fig. 2 zeigt bei G das Bett einer kleinen Prisma-Drehbank; Fig. 1 derselben Tafel zeigt ein Bett mit Wangen einer kleinen Fuß-Drehbank, Taf. XXVII. zeigt das Bett einer englischen Drehbank, und auf Taf. XXVIII. und XXIX. ist das Bett einer starken Drehbank von Hamann dargestellt. Das Bett ruht auf Füßen, die so hoch sind, daß die Spindelaxe etwa 2 Fuß 9 Zoll bis 3 Fuß 6 Zoll über dem Fußboden liegen kann (bei Fußdrehbänken beträgt diese Höhe gewöhnlich 3 Fuß 6 Zoll). Bei kleinern Drehbänken, Taf. XXVI. verbindet man mit den Füßen des Bettes einen Tisch, um das Werkzeug 2c. aus der Hand legen zu können, auch liegt hier zwischen den Füßen des Bettes die Krummaxe mit dem Trittbrett, auf welcher eine zugleich als Schwungrad dienende Stufenscheibe für eine Schnur zum Betriebe der Drehbank befestigt ist. Bei größern Drehbänken liegt zwischen den Wangen des Bettes die Leitspindel, und bei dem Betrieb des Supports durch Zahnstange und Getriebe (§. 98. S. 553) ist an den Wangen die Zahnstange befestigt.

Das Bett trägt alle übrigen Theile der Drehbank, die entweder darauf gleitend verschiebbar sind, wie der Support, oder an dem Bett befestigt werden, wie die Docken, und bei Drehbänken mit festem Support auch dieser. Die Wangen müssen daher ganz besonders stark construirt sein, damit sie sich nicht biegen und auch nicht federn, sie müssen an geeigneten Stellen Querverbindungen haben, die indessen die Verschiebung der einzelnen Theile nicht hindern dürfen.

2) Die Docken.

Die Docken dienen zur Aufnahme des abzudrehenden Arbeitsstückes und zur Anordnung des ganzen Mechanismus, welcher für die Rotation des Arbeitsstückes erforderlich ist.

Die eine Docke (links, wenn man an der Drehbank arbeitet) heißt die Spindeldocke, die andere die Spitzdocke.

Die Spindeldocke enthält die Spindel, eine Axe aus Gußstahl, die in einem Halslager läuft, und hinten durch eine Kernspitze genau schließend eingestellt werden kann, so daß jedes Schlottern vermieden wird. Die Figuren auf Taf. XXVI. bis XXXI. geben mancherlei Beispiele von der Construction der Spindeldocke und der Spindel, ebenso Holzschnitt 92 und 93, S. 565; über den Bewegungs-Mechanismus haben wir bereits in §. 97 gesprochen. Um Gegenstände zwischen Spitzen zu drehen (s. oben) muß die Spindel mit einer Stahlspitze versehen sein, und man bedarf noch einer zweiten Docke, der Spitzdocke.

Die Spitzdocke ist auf dem Bett verschiebbar, um Gegenstände von verschiedener Länge drehen zu können; sie läßt sich in verschiedenen Punkten des Bettes befestigen, der Länge der zu drehenden Gegenstände entsprechend.

Um indessen geringe Verschiebungen der ganzen Spitzdocke zu vermeiden, ist noch die Spitze derselben besonders zu verschieben und festzustellen. (Vergl. Taf. XXVI. Fig. 1^d, 2^a, Taf. XXVII. Fig. a b bei J, Taf. XXVIII. Fig. a und b bei D.

Bei größern Drehbänken macht man das Gerüst der Spitzdocke aus zwei Theilen (vergl. Taf. XXVIII. Fig. a und b), von denen der obere mit der Spitze gegen den untern Theil durch Schrauben d'' d'' horizontal verstellbar ist, um ihn genau in die richtige Lage einzurichten; durch andere Schrauben wird er dann gegen den ersten Theil fixirt.

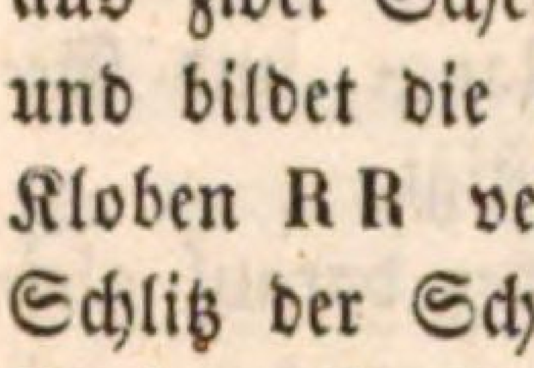
Die Stahlspitze der Spitzdocke läßt sich herausnehmen und durch eine Planscheibe oder durch ein Futter ersetzen.

Die Planscheibe besteht gewöhnlich aus einer ebenen Scheibe mit zahlreichen Durchbrechungen, in welchen man Kloben befestigen kann, zwischen denen das abzudrehende Stück entweder mit Keilen oder mit Schrauben centrirt wird. Einige eigenthümliche Constructionen von Planscheiben sind in Fig. L, M und N auf Taf. XXVII. und in Fig. K auf Taf. XXX. dargestellt.

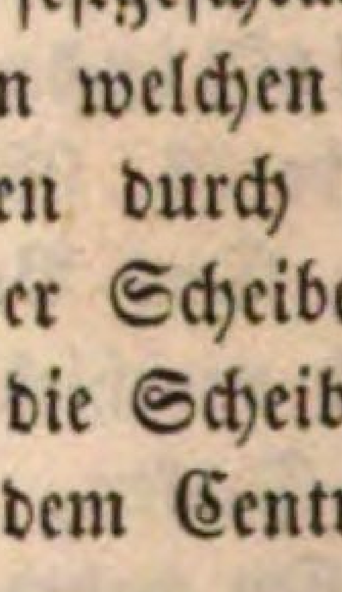
Die Planscheibe, welche Taf. XXVII. in Fig. L in der Vorderansicht, in Fig. M in der Seitenansicht, und in Fig. N im Durchschnitt zeigt, besteht eigentlich aus zwei Scheiben P und Q; die eine P wird auf der Spindel festgeschraubt, und bildet die eigentliche Planscheibe; sie hat drei radiale Schlitze, in welchen die Kloben R R verschiebbar sind. Jeder Kloben reicht mit zwei Zapfen durch den Schlitz der Scheibe P hindurch in eine spiralförmige Nuthe der Scheibe Q hinein. Dreht man die Scheibe Q um die Spindel, während man die Scheibe P fest hält, so ziehen sich die Kloben, und zwar alle drei gleichzeitig dem Centrum näher, oder entfernen sich von demselben.

Die andere auf Taf. XXX. in Fig. K dargestellte Planscheibe ist von zwei Seiten zu brauchen; sie ist in Fig. K links zur Hälfte in der einen, zur Hälfte in der andern Ansicht gezeichnet; rechts ist der Durchschnitt. Auf der einen Seite sind drei Kloben kkk, welche in Schlitzen gleitend durch drei Schrauben, deren Köpfe in den Rand der Planscheibe versenkt sind, angezogen werden können, auf der andern Seite sind drei Kreissegmente ee an die Planscheibe angegossen, zwischen denen man den abzudrehenden Gegenstand festkeilen kann.

(90)



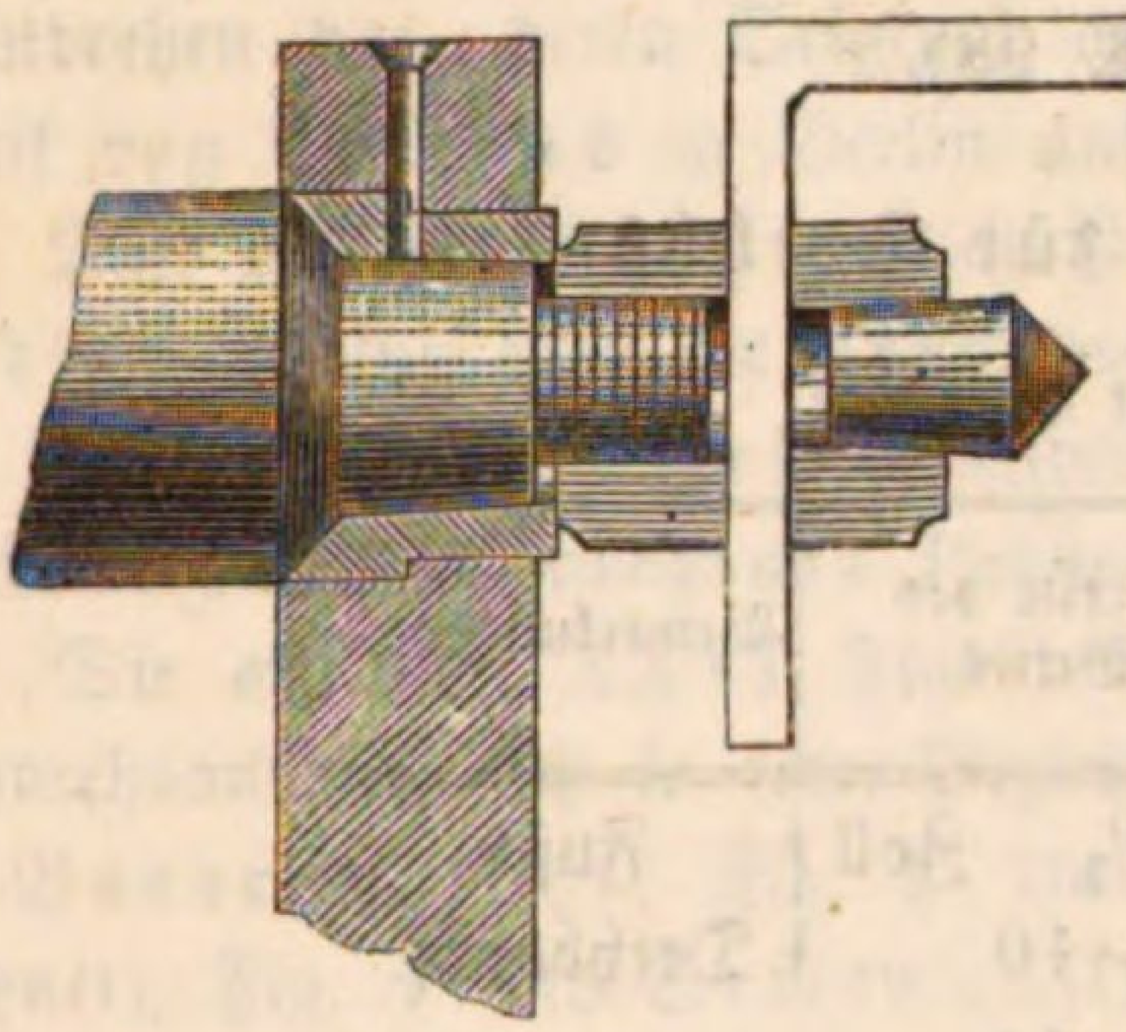
(91)



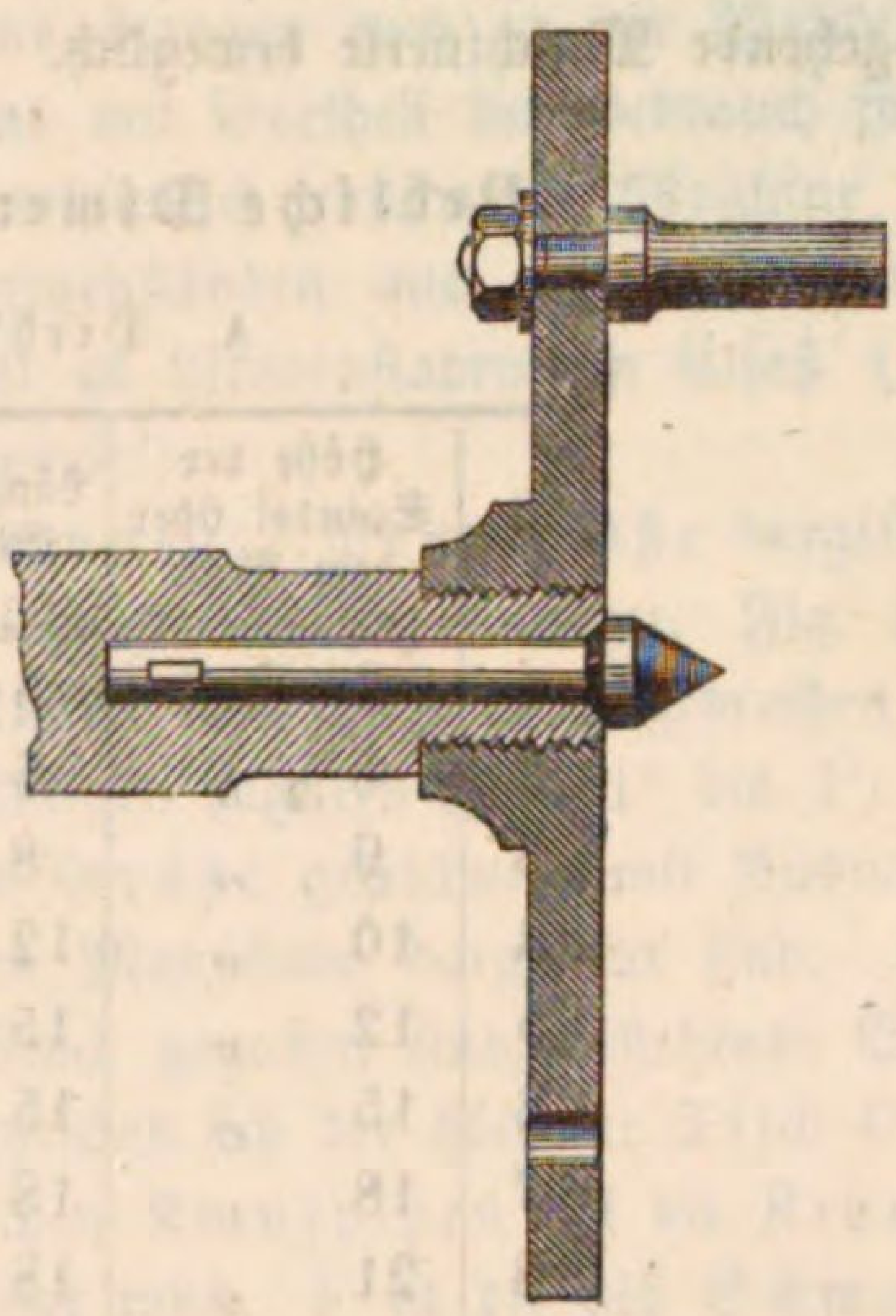
Wenn man zwischen Spitzen dreht, so bekommt die Spindel einen Mitnehmer und das abzudrehende Stück wird mit einem Herz (Holzschnitt 90) oder mit einem Klemmringe (Holzschnitt 91) versehen, gegen welchen sich der Mitnehmer anlehnt.

Holzschnitt 92, S. 565, zeigt für kleinere Drehbänke die Construction des Halslagers der Spindel mit dem Mitnehmer und der Spitze; Holzschnitt 93, S. 565, giebt für größere

(92)



(93)



Drehbänke den Hals der Spindel mit der eingesetzten Stahlspitze und dem Mitnehmer; in beiden Fällen ist der Hals mit einem konischen Ansatz versehen, welcher sich gegen den entsprechend konisch ausgebohrten Stahlring des Halslagers anlehnt.

3) Der Support.

Der Support besteht im Allgemeinen aus zwei Schlitten, die sich rechtwinklig gegen einander verschieben lassen. Der obere Schlitten dient zur Aufnahme des schneidenden Werkzeugs und enthält das Stichelhaus. Die Verschiebung geschieht durch Schrauben mit Kurbeln. Wir haben bereits auf S. 560 die Anordnung des Whitworth'schen Supports Taf. XXXV. Fig. 1 beschrieben; die Bewegungen 1 und 2, welche durch den Arbeiter mit der Hand ausgeführt werden, sind fast bei allen Supports in gleicher Weise angeordnet. (Vergl. Taf. XXVI. Fig. 1 und Fig. 2, sowie Taf. XXVIII. Fig. a und b bei A und Taf. XXIX. Fig. n, o, p, q, r.) Ueberall besteht der Support aus einer Grundplatte, einem auf derselben rechtwinklig zur Axe der Spindel und des Bettes verschiebbaren Schlitten, welcher einen zweiten Schlitten trägt, der wieder rechtwinklig zum ersten, also parallel mit der Drehbank verschiebbar ist, und welcher das Stichelhaus mit dem schneidenden Werkzeug trägt. Gewöhnlich ist das Gerüst für diesen zweiten Schlitten, welches auf dem ersten ruht, auf demselben noch um einen Zapfen drehbar, so daß sich die Richtung, in welcher die Bewegung des zweiten Schlittens und des Stichels erfolgt, auch so stellen läßt, daß sie anstatt normal zur Bewegung des ersten Schlittens, also auch anstatt parallel auf der Axe der Drehbank zu sein, mit derselben einen gegebenen Winkel bildet. Hat man das Gerüst mit dem zweiten Schlitten in eine solche gegen die Axe der Drehbank geneigte Lage gebracht, so ist die erzeugte Oberfläche ein Kegel oder ein Hyberboloid. (Vergl. §. 95. S. 541.)

Bei kleinern Drehbänken wird der Support festgestellt, nachdem man ihn auf dem Bett mit der Hand in die geeignete Stellung geschoben hat; bei größern Drehbänken, welche zum Abdrehen beträchtlicher Längen, oder zum

Schraubenschneiden dienen, ist der ganze Support durch eine von der Spindel ausgehende Maschinerie beweglich. (Vergl. §. 98).

Uebliche Dimensionen für Drehbänke.

A. Drehbänke mit Spitzen.

Nr.	Höhe der Spindel über dem Bett.	Länge des Bettes.	Breite des Bettes.	Bemerkungen.
1	5 Zoll	5 Fuß	6 1/2 Zoll	Fuß-Drehbänke.
2	6 1/2 "	6 "	8—10 "	
3	9 "	8 "	12—14 "	Maschinen-Drehbänke.
4	10 "	12 "	16 "	
5	12 "	15 "	21 "	
6	15 "	15 "	26 "	
7	18 "	18 "	31 "	
8	21 "	18 "	36—38 "	
9	24 "	20 "	40—42 "	

B. Scheibendrehbänke.

Nr.	Spindelhöhe.	Höhe des Supports.	Länge des Supports.	Durchmesser der Planscheibe.
1	3 Fuß	10 Zoll	3 Fuß	4 1/2 Fuß
2	3 "	12 "	4 "	6 "
3	3 "	14 "	5 " 6 Zoll	9 "
4	3 "	16 "	7 "	12 "

§. 100.

Beschreibung mehrerer ausgeführter Drehbänke. — Vorrichtung zum Ovaldrehen.

Nachdem wir in den Paragraphen 97, 98 und 99 die Bewegungs-Mechanismen und die allgemeine Anordnung der Drehbänke erörtert haben, wird die Beschreibung einiger ausgeführter Drehbänke, welche wir als Beispiel ausgewählt haben, um so leichter verständlich sein.

Taf. XXVI. giebt zwei Fußdrehbänke aus der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin, wie sie in derselben vielfach gebraucht und gebaut werden.

Taf. XXVII. zeigt eine englische Drehbank mit Maschinenbetrieb, zum Schraubenschneiden eingerichtet. Dieselbe ist gleichfalls in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts aufgestellt. (Die Zeichnung ist dem „Engineer and Machinist's assistant" entnommen.)

Taf. XXVIII. und Taf. XXIX. giebt eine große von Hamann in Berlin erbaute und in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts aufgestellte Drehbank mit Vorrichtung zum Schraubenschneiden und zum Fraisen.

Taf. XXX. stellt eine Maschine zum Ausdrehen von Höhlungen und zum Plandrehen dar, deren Original aus England bezogen und in der Maschinenfabrik von Thomas in Berlin aufgestellt und mit Vortheil im Gebrauch ist.

Taf. XXXI. Fig. 2 endlich ist eine eigenthümlich construirte Maschine zum Abdrehen und zum Fraisen von Metallgegenständen aus der unter Leitung des Ingenieurs Mesmer stehenden Werkstatt zu Gravenstaden im Elsaß (nach Zeichnungen in Armengaud's Publication industriel).

Die auf Taf. XXVI. Fig. 1 in $^1/_8$ der natürlichen Größe dargestellte Fußdrehbank hat sich in jeder Beziehung als sehr zweckmäßig bewährt. Fig. 1^a ist die Vorderansicht, Fig. 1^b die obere Ansicht (der Tisch ist abgebrochen gezeichnet), Fig. 1^c die Seitenansicht; die übrigen Figuren (Fig. 1^d bis 1^l) sind Details ebenfalls in $^1/_8$ der natürlichen Größe gezeichnet, mit Ausnahme von Fig. 1^d, 1^e und 1^f, welche im doppelten Maaßstabe dargestellt sind. A ist das aus zwei Wangen, die in einem Stück gegossen sind, bestehende Bett, welches auf den Füßen BB ruht, und an welches sich der hölzerne Tisch C anschließt. Zwischen den Füßen BB läuft zwischen Kernspitzen dd die Krummaxe D, welche durch das Trittbrett E bewegt wird. F ist die als Schwungrad dienende Schnurscheibe, die mit der kleinen Schnurscheibe G auf der Spindel g im Zusammenhang steht. Fig. 1^l zeigt die Spindel g im Detail und zugleich die auf derselben durch Aufschrauben zu befestigende Spitze g′ mit dem Mitnehmer. Fig. 1^i giebt die Spindeldocke H im Detail mit der Art ihrer Befestigung an dem Bett A. Vor der Schnurscheibe G befindet sich eine Theilscheibe nach der in §. 79, S. 452 beschriebenen Construction; h ist die Alhidade mit der Spitze, welche beim Theilen in die Theilpunkte der Theilscheibe einfaßt, beim gewöhnlichen Drehen aber abgenommen, oder zurückgeschlagen ist. In ganz ähnlicher Weise, wie die Spindeldocke, wird auch die Spitzdocke J, sowie der Support K, und erforderlichen Falls auch die Vorlage L und das Brillenfutter M auf den Wangen der Drehbank befestigt, Fig. 1^h giebt die Spitzdocke im Detail und Fig. 1^d giebt im doppelten Maaßstabe einen Durchschnitt, aus welchem zu ersehen ist, wie man die Spitze der Spitzdocke verschieben und befestigen kann. Es steckt nämlich die Spitze i in einem hohlen Cylinder x, welcher in der Höhlung der Spitzdocke verschiebbar ist, am Drehen aber durch den in eine Nuth eingreifenden Stift y gehindert wird; nun hat der Cylinder x bei z eine Schraubenmutter, in welcher die Schraube v wirkt, die ihrerseits mittelst der Ansätze an ihrem Ende gehindert ist, sich geradlinig zu verschieben; dreht man die Schraube v mittelst des Hebels w, so schraubt sich der Cylinder x mit der Spitze i heraus, und kann demnächst mittelst der Klemmschraube u festgestellt werden. Der Support K (Fig. 1^a, 1^e, 1^f, 1^g) besteht aus der Grundplatte k, die an den Wangen befestigt ist; auf derselben schiebt sich mittelst der Schraube t der Schieber k′, wenn man die Kurbel t′ dreht, der Schieber k′ trägt den Ständer k″, auf welchem sich das Stichelhaus s mit Hilfe der Schraube s′ verschieben läßt; bei der in der Figur gezeichneten Stellung erfolgt diese Verschiebung parallel mit der Axe der Spindel; löst man die Schraube x, so kann man den Ständer k″ auf dem Schieber k′ drehen, ihn mit Hilfe des Zeigers y′ in einen

gegebenen Winkel stellen, und ihn dann durch Anziehen der Schraube x wieder befestigen. Hierdurch wird die Richtung, in welcher sich das Stichelhaus mittelst der Schraube s verschieben läßt, gegen die Axe der Spindel geneigt. (Vergl. §. 99. S. 565.)

Die Vorlage L dient zum Drehen aus freier Hand, und das Brillenfutter M, dessen Detail Fig. 1^k zeigt, wird gebraucht, wenn man das Ende des abzudrehenden Stückes nicht in der Spitze i laufen lassen, sondern frei haben will. Die Scheibe m ist nämlich mit verschiedenen Oeffnungen m′ m′ . . . versehen, die alle so geordnet sind, daß man sie mit ihrer Axe durch Drehung der Scheibe genau in die Axlinie der Spindel bringen kann. Diese Oeffnungen dienen dem abzudrehenden Stück als Halslager, indem man diejenige Oeffnung, deren Durchmesser passend ist, auswählt, und die Scheibe an ihrem Ständer so befestigt, daß diese Oeffnung die geeignete Lage hat.

Die in Fig. 2 auf Taf. XXVI. dargestellte Fußdrehbank ist eine Prismadrehbank, und zeichnet sich durch Einfachheit der Construction aus. Fig. 2^a zeigt die Vorderansicht, Fig. 2^b die obere Ansicht, Fig. 2^c die Ansicht von der Seite; diese drei Figuren sind in $^1/_9$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Figuren 2^d, 2^h sind Details im doppelten Maaßstabe.

Die Bewegung geht von dem Trittbrett AA aus, und wird auf die Spindel B mit Hilfe der Schnurscheiben C und D übertragen. Die Spindeldocke ruht auf den beiden Unterlagen E und F, und ist auf denselben durch die beiden Schrauben b und c befestigt. Durch die Spindeldocke ist das Prisma G, welches das Bett der Drehbank bildet, durchgeschoben, und kann in derselben mit Hilfe der Klemmschraube m′ festgeklemmt werden.

Die Unterlagen E und F sind mittelst starker Schraubenbolzen d an der Grundplatte H festgebolzt, welche aus gutem Mahagoniholz besteht. Auf das Prisma aufgeschoben und mittelst Klemmschrauben daran befestigt sind folgende Theile: die Spitzdocke J; die Grundplatte L des Supports K; die Unterlage N der Vorlage M und die beiden Füße O und P. Die Construction der Füße O und P zeigt Fig. 2^f; man sieht daraus die Befestigung der Füße an der Platte H mittelst der Schraube k′ und der Klemmschraube n′, welche zum Festklemmen des Prismas dienen. Diese Füße lassen sich leicht entfernen und wieder aufstellen, wenn die auf dem Prisma befindlichen Theile verschoben werden sollen. Fig. 2^d zeigt die Construction der Vorlage, deren Kopf h′ drehbar und durch eine Klemmschraube in verschiedenen Lagen und Höhen festzustellen ist. Die Spitzdocke J ist in ihrer Anordnung aus Fig. 2^a und 2^b deutlich; die Spitze i wird durch die Schraube o, deren Mutter bei g in einem an der Spitzdocke befestigten Consol p liegt, vorgeschoben, und durch die Klemmschraube n fixirt. Der Support ist in Fig. 2^g im Detail dargestellt. L ist die Grundplatte, auf welcher mittelst der Schraube n der Schieber s verschiebbar ist.

Auf dem Schieber s ruht das Stichelgerüst K; es ist um den Zapfen e′ drehbar nnd kann mit Hilfe der Befestigungsschraube c′ d′ fixirt werden; hierdurch ist es möglich, den Stichel, welcher durch die Schraube t und u in dem auf dem Schieber r befestigten Stichelgehäusen y und z festgeklemmt ist, mit Hilfe

der Schraube a′ sowohl parallel mit der Spindelaxe, als gegen dieselbe geneigt zu verschieben. (Vergl. §. 99. S. 565.)

Um die Neigung zu bestimmen, dient der Gradbogen g′ und ein in Fig. 2^b nicht gezeichneter, aber in Fig. 2^e im Detail dargestellter Zeiger, der mit den beiden Spitzen e′e′ in das drehbare Stück K eingesteckt wird, und mit der Marke f′ die Theilungen des Gradbogens bestreicht.

Das Bohlstück H wird von den Füßen Q getragen, zwischen welchen auch die Krummaxe R gelagert ist. Auf dem Ende a der Spindel B wird nach Erfordern eine Spitze, eine Planscheibe oder ein Futter befestigt. Die Vorderplatte der Schnurscheibe D ist auch hier mit einer Theilscheibe versehen; die Alhidade wird bei f an der Spindeldocke befestigt, sie ist in Fig. 2^h besonders gezeichnet; g ist die Spitze, welche in die Löcher der Theilscheibe einfaßt.

Die englische Drehbank auf Taf. XXVII. ist in $1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Fig. A ist die Vorderansicht, Fig. B die Ansicht von oben, Fig. C die Ansicht von einem Ende, Fig. D der Querschnitt durch das Bett unmittelbar neben dem Support, Fig. E, F, G und H sind Details des Mechanismus zum Fortbewegen des Supports; Fig. I ist die an der Decke der Werkstatt befindliche Betriebswelle, Fig. K ist ein Durchschnitt der Spindel mit den Stufenscheiben und den Vorgelegsrädern, Fig. L, M, N sind Details der Planscheibe. Der Bewegungs-Mechanismus ist bereits in §. 97 und 98 beschrieben worden, und müssen wir hier darauf verweisen; ebenso ist die Planscheibe bereits in §. 99. S. 564 erörtert worden. Die übrigen Theile bedürfen kaum einer nähern Beschreibung, und wir lassen daher nur eine einfache Buchstaben-Erklärung folgen:

AA die Füße, BB das Bett der Drehbank, C die Spindeldocke, D die Spindel, E die Vorgelegswelle zum langsamen Betrieb der Spindel, FF die beweglichen Lager derselben, G die Stangen zum Ausrücken der beiden Lager FF, H die Scheibe, welche den Mitnehmer zu tragen hat, I das Consol für die Kernspitze der Spindel, JJ die Spitzdocke, K die Grundplatte der Spitzdocke, L die Grundplatte des Supports, M das Stichelhaus, N die Leitspindel, O das Gerüststück zum Tragen der Vorgelegsräder, P die Planscheibe, Q eine Scheibe mit spiralförmiger Nuth zum Anziehen der Kloben RR, a Stufenscheibe, b, c, d, e Vorgelegsräder für die Spindelbewegung, f Stellschrauben zum Centriren der Spitzdocke, g Kurbel zum Verstellen und h Kurbel zum Fixiren der Spitze in der Spitzdocke, i Schiene zur Führung des Gerüstes M, j der Schlitten des Stichelhauses, k Schraube zum Feststellen des drehbaren Stichelhauses, l Kurbel, um das Gerüst M gegen die Grundplatte L zu verschieben, m Kurbel, um das Stichelhaus M mit dem Schlitten j zu verschieben, n Mutter für die Leitspindel, o Hebel, um die Mutter n auszurücken, p Kurbel, um den Support mit Hilfe der Zahnstange fortzubewegen, q liegende Welle des Supports, welche die Kurbel p und das Schneckenrad i′ trägt, s Getriebe auf der Vorgelegswelle des Supports, t desgleichen zum Eingriff in die Zahnstange, u Zahnstange zur Fortbewegung des Supports, v, w, x, y, z Vorgelegs- und Wechselräder zum Schraubenschneiden; a′ Vorgelegsrad, um den Support durch die

Schnurscheiben b′ c′ zu bewegen, d′ e′ Vorgelegsräder zu demselben Zweck, f′ Drehaxe für die Schraube ohne Ende, g′ h′ Träger für die Axe f′; i′ das Schneckenrad zur Bewegung des Supports, j′ Fallkugel zum Ausrücken des Schneckenrades i′, k′ Kuppelung, um der Welle f′ entgegengesetzte Bewegungen zu ertheilen, l′ Rückhebel, m′ n′ konische Räder zu demselben Zweck, s′ Getriebe zur Bewegung des Getriebes s; y′ Schlitz, z′ Drehpunkt der Axlager F.

Taf. XXVIII. und XXIX. zeigen eine große Drehbank, welche von Hamann in Berlin in mehreren Exemplaren erbaut worden ist; eins derselben ist in der mechanischen Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts in Thätigkeit. Taf. XXVIII. Fig. a zeigt die Vorderansicht, Fig. b die obere Ansicht, beide in 1/8 der natürlichen Größe; Taf. XXIX. Fig. c ist die Endansicht von der Spindeldocke aus; Fig. d ist die Spindel und die Vorgelegsräder, in der Seitenansicht, Fig. e dieselbe in der obern Ansicht; Fig. f ist der Vertikalschnitt der Spindeldocke nach der Linie a b in Fig. d, Fig. g ist der Horizontalschnitt der Spindel; Fig. h ist die Spindel in der Ansicht mit den auf derselben befindlichen Rädern und Scheiben im Durchschnitt; Fig. i ist die Hälfte der auf der Spindel befestigten Mitnehmerscheibe in der Ansicht; Fig. k ist einer der Axträger der Vorgelegswellen an der Spindeldocke in zwei Ansichten, Fig. l ist das Armkreuz der Stufenscheiben in zwei Ansichten, Fig. m ist der Armkranz der Theilscheibe in zwei Ansichten, Fig. n ist die obere Ansicht der Supportplatte; Fig. o ist die Seitenansicht derselben, Fig. p ist ein Vertikalschnitt durch die Supportplatten, mit einer Ebene, die normal zur Leitspindel ist; und Fig. q ein Vertikalschnitt derselben Platte in einer durch die Leitspindel gehenden Ebene. Fig. r ist die Ansicht der Supportplatte von unten, nämlich so, als ob die Supportplatte umgelegt und dann von oben gesehen würde; Fig. s sind Details des Halslagers für die Mutter der Leitspindel. Diese sämmtlichen Figuren sind in 1/8 der natürlichen Größe gezeichnet; wogegen Fig. t die in Fig. n punktirte Vorlegeplatte für die Supportspindel in doppelter Größe darstellt.

Die Construction und die Bewegungs-Verhältnisse der Spindel, der Leitspindel und des Supports, sowohl mittelst Schnurscheiben, als mittelst Rädereingriff, sind bereits in §. 97 und 98 beschrieben worden. (Vergl. S. 551 u. S. 555.) Wir lassen daher hier nur eine kurze Buchstaben-Erklärung folgen.

A ist die Grundplatte des Supports, B das Bett der Drehbank, C ein an der Spindeldocke befestigter Kloben zur Aufnahme der Wechsel- und Vorgelegsräder beim Schraubenschneiden, D die Spitzdocke, E die Theilvorrichtung. Dieselbe besteht hier aus einem Schraubenrade mit 360 Zähnen, in welches eine durch die Kurbel F bewegte Schraube ohne Ende eingreift. Jede Umdrehung der Kurbel, also auch der Schraube ohne Ende, dreht das Rad E um einen Zahn, also um 1/360 der Peripherie weiter; und da man mittelst einer Marke genau eine Umdrehung der Kurbel bestimmen kann, so lassen sich hierdurch an einem auf der Spindel befestigten Stück alle Theilungen vollziehen, deren Anzahl in 360 aufgeht. Nun aber ist auf der Axe der Kurbel F noch eine kleine Theilscheibe G befestigt, welche Theilungen von 5, 7 und 11 enthält, und mit deren Hilfe man nicht nur ganze, sondern auch alle fünftel, siebentel und eilftel

Umdrehungen der Kurbel ablesen kann. Hierdurch wird die Zahl der möglichen Theilungen noch um diejenige vermehrt, deren Anzahl durch Produkte der Faktoren von 360 und von einer der genannten Zahlen gebildet wird. Soll man z. B. ein Rad, welches an der Spindel befestigt ist, in 63 Theile theilen, so würden jeder Theilung $\frac{360}{63} = 5\frac{5}{7}$ Umdrehungen der Kurbel F entsprechen; man hätte also von einem Theilpunkt zum folgenden mit Hilfe der Kurbel 5 ganze Umdrehungen zu machen, und sodann mit Hilfe der Theilung 7 auf der Theilscheibe G noch $\frac{5}{7}$ Umdrehungen nachzuholen. Das Schneckenrad E ist aus Bronze und besteht aus zwei Scheiben, 1 und 2 (Fig. h), welche die Schraubenzähne enthalten und welche so exakt gearbeitet sind, daß, wenn man die Scheiben trennt, und um eine oder mehrere Schraubenzähne gegeneinander verschiebt, dennoch alle Schraubenzähne zusammenpassen. Diese Scheiben sind auf einem Kranze mit Armen E′ befestigt, welcher in Fig. m (Taf. XXIX.) im Detail gezeichnet ist.

H ist eine auf der Spindel befestigte Scheibe mit mehreren Oeffnungen, die den Zweck haben den Mitnehmer I in geeigneter Entfernung von der Drehaxe zu befestigen.

Um die Drehbank zum Fraisen benutzen zu können, dient das Stück K (Fig. a), welches eine Schnurscheibe trägt, an deren Axe die Fraise sitzt; man kann dies Stück im Stichelhause des Supports befestigen, und zwar mittelst des bogenförmigen Schlitzes K‴ in verschiedenen Lagen; die Schnur zum Betriebe der Fraise wird um die Schnurscheibe geschlungen und mittelst der Leitrollen L, M und M′ in geeigneter Richtung nach der treibenden Schnurscheibe geführt.

a ist die Stufenscheibe zum Betriebe der Spindel, b ein auf der Stufenscheibe befestigtes Getriebe, welches in Wirksamkeit kommt, wenn die Spindel durch Vorgelege betrieben werden soll, c, d und e sind Räder und Getriebe, welche zur Wirksamkeit kommen, wenn man das Vorgelege von der einen Seite anwendet, schiebt man d seitwärts, so daß es außer Eingriff mit e kommt, so bilden die Räder b, c, f, g, h, i, e ein stärkeres Vorgelege.

k ist die Mutter der Leitspindel, k′ eine Schraube ohne Ende, k″ deren Axe, durch welche man die Mutter drehen kann, um den Support mit der Hand zu verschieben; l ist die Leitspindel, m das über die Spindeldocke hervorragende Ende derselben, m‴ eine Kurbel, um die Leitspindel mit der Hand zu drehen; m′ ist ein Rad auf der Leitspindel, welches mit Hilfe der Räder m″ und r″ von dem Rade r′ bewegt wird, das auf der Welle r sitzt, und seine Bewegung mittelst der Räder q und p von der Spindel aus erhält, n und o sind Schnurscheiben, s und s′ Wechselräder, t ein Vorgelegsrad auf der Leitspindel, u ein Hebel zum Ausrücken, u′ ein Bügel zum Feststellen des Hebels u. Die Bedeutung dieses ganzen Mechanismus ist auf S. 556 beschrieben worden.

v ist das Stichelhaus, welches auf der Bahn v′ verschiebbar ist, und zwar mit Hilfe einer auf dem Ende einer Schraube bei v″ zu befestigenden Kurbel; w ist der Supportständer, der mittelst der Schrauben w′ w′ auf dem Schieber x befestigt ist, sich aber nach Lösung der Schrauben w′ w′ um den Zapfen w″ drehen läßt. Man kann hierdurch die Bahn v′ so stellen, daß sie mit der Axe des zu drehen-

den Stückes einen Winkel bildet (vergl. S. 565). x ist ein auf der Supportplatte A befindlicher Schlitten oder Schieber, der durch die Schraube y mit Hilfe des Kurbelrädchens z verschiebbar ist.

a' a'' a''' sind Zahnräder, welche die Bewegung von der Kurbel b'' an die Schraubenaxe k'' übertragen können, wenn man den Support durch die Kurbel b'' bewegen will.

Im Uebrigen sind die Zeichnungen deutlich genug, um die Construction der Drehbank mit Hilfe der Erörterungen in dem vorigen Paragraphen zu verstehen.

Taf. XXX. zeigt eine der neuesten Werkzeugmaschinen englischer Construction, welche sich der Anordnung und dem Zwecke nach den Drehbänken anschließen, in gewissem Sinne aber schon einen Uebergang zu den Bohrmaschinen bilden. Diese zum Ausdrehen von Höhlungen und zum Plandrehen bestimmte Maschine ist in der Maschinenwerkstatt von Thomas in Berlin im Betriebe und hier nach einer Original-Aufnahme mitgetheilt. Fig. A zeigt eine Seitenansicht der ganzen Maschine, Fig. B eine Ansicht von dem hinternEnde, Fig. C eine obere Ansicht, Fig. D einen Vertikal-Längenschnitt, Fig. E einen Vertikal-Querschnitt, Fig. F einen desgleichen durch den hintern Theil der Spindeldocke, Fig. G die Anordnung der Rädervorgelege, Fig. H einen Längenschnitt der Vorgelegswelle, Fig. J Details der Stufenscheiben, Fig. K die bereits auf Seite 564 beschriebene Planscheibe, Fig. L Details des Stichelhauses, Fig. M, N und O Details verschiedener Lager und Futter. Sämmtliche Figuren sind in $1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Maschine besteht aus zwei Hauptheilen: 1) der Spindel mit sämmtlichem Zubehör und 2) dem Support mit dem sämmtlichen Zubehör. Die Arbeitsstücke werden entweder an der Spindel befestigt, oder am Support, natürlich wird das schneidende Werkzeug im ersten Falle am Support, im andern Falle an der Spindel befestigt. Durch diese Einrichtung wird namentlich für den Support eine Abweichung von der bei gewöhnlichen Drehbänken üblichen Construction bedingt, indem derselbe nicht nur zur bequemen Befestigung der Arbeitsstücke besonders vorgerichtet, sondern auch in seiner Höhenlage gegen die Spindel verstellbar ist. Diese Eigenthümlichkeit und die große Mannigfaltigkeit der relativen Bewegungen zwischen dem Support und der Spindel, machen diese Maschine zu einer der brauchbarsten für die verschiedensten Arbeiten.

Indem wir uns zur Beschreibung der Maschine wenden, betrachten wir:

1) Die Spindel nebst Zubehör.

Die Spindel A besteht aus einer hohlen Welle, welche in zwei Lagern B und B' eines starken freistehenden Gerüstes C, welches die Spindeldocke vertritt, gelagert ist. Die Spindel trägt vorne eine Scheibe D, an welcher entweder das Werkzeug oder das Arbeitsstück befestigt werden kann; man kann diese Scheibe durch die in Fig. K dargestellte Planscheibe (vergl. S. 564) ersetzen. Die Bewegung der Spindel ist eine drehende, welche entweder unmittelbar durch die Stufenscheiben E, oder mit Hilfe einer Vorgelegswelle F von der Hauptbetriebswelle übertragen wird. Im ersten Falle, wenn die Bewegung

unmittelbar erfolgt, sind die Räder der Vorgelegswelle außer Eingriff gebracht, und die auf der Spindel lose umlaufende Stufenscheibe wird bei a mittelst einer Schraube mit dem auf der Spindel festen Rade b gekuppelt; im andern Falle hebt man die Kuppelung auf, die Stufenscheibe dreht sich frei um die Spindel, überträgt aber mit Hilfe des an der Stufenscheibe befestigten Getriebes e die Bewegung an das Rad d, und von da durch die Vorgelegswelle F mittelst der Räder c und b an die Spindel. Nach den in den Figuren bemerkten Zähnezahlen macht die Spindel:

$$\frac{22.22}{61.61} = 0,13 \text{ Umdrehungen,}$$

während die Stufenscheiben eine Umdrehung machen.

Die Spindel ist, wie oben bemerkt, hohl, in der Spindel schiebt sich ein Kern f, in dessen Ende man einen Bohrer, oder auf dessen Ende, wenn es herausgeschoben worden, man ein anderes Werkzeug befestigen kann. Die Verschiebung dieses Kerns erfolgt durch die Leitspindel g mit Hilfe der in der hohlen Spindel eingeschobenen Mutter h; eine Verlängerung der Mutter h trägt das Ziehrädchen i, und durch Umdrehung desselben kann man die Mutter drehen, die Schraube g also vor- oder rückwärts schrauben. Diese Operation kann auch selbstthätig von der Maschine durch Rotation der Spindel bewirkt werden, nämlich so:

Wenn die Spindel rotirt, dreht sich die Schraube g und die Mutter h mit der Spindel gemeinschaftlich, und es wird daher eine Verschiebung der Schraube nicht erfolgen, so lange sich die Schraube und ihre Mutter nach derselben Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, kann man aber bewirken, daß die Schraubenmutter sich langsamer dreht als die Schraube, so muß sich diese vorschrauben. Hierzu dient das Rädchen m, welches auf der Spindel A festsitzt, dasselbe kann mit dem Rädchen n auf einer kleinen Vorgelegswelle in Eingriff gebracht werden, und dann greift das Rädchen o auf derselben Welle in das Rädchen p, welches auf der Verlängerung der Mutter h sitzt. Zufolge dieser Anordnung, und nach Maaßgabe der in Fig. D eingeschriebenen Zähnezahlen, macht die Mutter h:

$$\frac{40.20}{41.21} = 0,93 \text{ Umdrehungen,}$$

während die Spindel eine Umdrehung macht, es muß sich also die Schraube bei jeder Umdrehung der Spindel um 1 — 0,93 = 0,07 ihrer Steigung vorschrauben, und wenn diese $\frac{1}{3}$ Zoll beträgt, so schiebt sich das Werkzeug, welches an dem Kern befestigt ist, bei jeder Umdrehung der Spindel um $\frac{1}{3} \cdot 0,07 = 0,0233$, oder etwa $\frac{1}{43}$ Zoll vor. Wenn der Kern so weit herausgeschoben wird, daß er sich nicht mehr gehörig frei tragen kann, so unterstützt man das äußere Ende durch eines der in Fig. M dargestellten Lager, die man auf dem Support befestigt.

Die Vorrichtung, um die Rädchen n und o mit m und p in Eingriff oder außer Eingriff zu bringen, ist eine eigenthümliche, welche sich bei dieser Maschine bei allen Ausrückungen wiederholt, und daher hier nur einmal beschrieben werden soll. In Fig. D sind die Rädchen außer Eingriff gezeichnet; daneben befindet sich die Zeichnung der Rädchen n und o mit ihrer Axe n′. Man

sieht, daß diese Axe n′ excentrisch an dem cylindrischen Kloben o′ sitzt, und daß dieser in einem Futter m′ drehbar ist. Dreht man den Kloben o′ in seinem Futter m′ herum, so rückt die Axe n′ mit den Rädchen n und o um den Betrag der doppelten Excentricität den Rädern m und p näher, und die Rädchen kommen in richtigen Eingriff, wenn man die Excentricität nach der Tiefe des Zahneingriffes richtig bemessen hat. Durch den Hebel p′ kann die Ausrückung der Axe n′ bewirkt werden. Die Vorgelegswelle F wird in gleicher Weise mit Hilfe des Hebels f′ ausgerückt. (Vergl. Fig. A.)

Von der Spindel ist noch die Bewegung der liegenden Welle G abgezweigt, und zwar in folgender Weise: Das Rädchen m, dessen eine Bedeutung wir schon kennen gelernt haben, hat noch einen Zweck; es steht im Eingriff mit dem Vorgelegsrade q, auf dessen Welle das Getriebe r sitzt, das in ein Rad s auf der Welle s′ eingreift. Die Welle s′ ist befestigt in derselben Hülse (vergl. Fig. H), welche auch den Kloben mit dem Excentrik zum Ausrücken der Vorgelegswelle F trägt. Die Räder q und r sitzen auf einer in dem Kloben q′ befestigten Vorgelegswelle, und können nach Erfordern mit andern vertauscht werden. Durch den eben beschriebenen Mechanismus wird die mit dem Rade s zusammenhängende Stufenscheibe H bewegt. Nach den in der Zeichnung angegebenen Rädern und den eingeschriebenen Zähnenzahlen macht die Stufenscheibe:

$$\frac{41 . 16}{50 . 70} = 0{,}187 \text{ Umdrehungen,}$$

während die Spindel eine Umdrehung macht. Von der Stufenscheibe H geht die Bewegung an die Stufenscheibe J, welche auf der Welle t′ sitzt, und mit dem Rädchen t fest verbunden ist. Die Welle t′ liegt in dem Hebel t‴, und dieser kann durch die Zugstange t″ in verschiedene Lagen gebracht werden, so daß entweder das Rädchen t unmittelbar in das auf der zu treibenden Welle G befestigte Rad u eingreift, oder so, daß das Rad t in das Wechselrad u′ greift, worauf denn das Rad u erst von dem Rade u′ bewegt wird (vergl. Fig. F). Man sieht leicht, daß durch diesen Mechanismus die Welle G nach Erfordern in entgegengesetzten Richtungen gedreht werden kann. Von der liegenden Welle G aus wird die stehende Welle K mittelst der konischen Räder v und w in Bewegung gesetzt, und von dieser aus setzt sich die Bewegung an den Support fort.

2) Der Support mit Zubehör.

Der Support besteht aus einem starken Consol L, welches den Vordertheil der Spindeldocke umgreift, an demselben auf und nieder verschiebbar ist, und noch durch einen Ständer M unterstützt wird. Dieser Ständer trägt eine starke Schraube M′, welche in ihrer Mutter M″ ruht. Es ist leicht ersichtlich, wie durch diese Einrichtung eine Höhenstellung des Supports bewirkt werden kann.

Auf den Consol L gleitet der Schlitten N, und zwar so, daß er sich der Spindeldocke nähern oder von derselben entfernen kann; der Schlitten N trägt die Schieberplatte O, welche rechtwinklig zu jener Bewegung auf dem Schlitten

verschiebbar ist. Diese Verschiebungen erfolgen, wie bei den Supports der Drehbänke, durch Schraubenspindeln und deren Muttern.

Zur Bewegung des Schlittens N in der Richtung der Spindel dient die Schraube a', an deren Ende bei a'' man eine Kurbel befestigen kann. Um die Schieberplatte O, welche zur Befestigung der Arbeitsstücke mit zahlreichen Nuthen versehen ist, zu bewegen, dient die Schraube b', an deren Ende bei b'' eine Kurbel aufgesteckt werden kann. Beide Bewegungen sind auch durch die Maschine selbstthätig auszuführen. Von der stehenden Welle K aus wird nämlich mit Hilfe der konischen Räder x und y die liegende Welle P getrieben, welche ihre Lager auf der Consolplatte des Supports hat.

Da nun diese in ihrer Höhenlage veränderlich ist, so muß das konische Rad x auf der stehenden Welle K gleitend verschiebbar sein. Von der Welle P zweigt sich die Bewegung mittelst der konischen Räder z und z' an die Schraubenspindel b' ab, durch welche die Schieberplatte O verschoben werden kann. Schiebt man das Rad z auf der Welle P zurück, und bringt es außer Eingriff mit z', so nimmt die Platte O an dieser Bewegung nicht Theil.

Die hierzu nöthige Ausrückung erfolgt mittelst des Halses z'' an dem Rade z; in denselben greift der an der Welle f' befindliche excentrische Zapfen z''', welcher, wenn man die Welle f' mittelst eines an dem Ende f'' befestigten Hebels dreht, die Verschiebung des Rades z' herbeiführt. Da übrigens die Schieberplatte O auch an den Bewegungen des Schlittens N Theil nimmt, so muß das Rad z auf der Welle P in Nuth und Feder gleitend verschiebbar sein; der Zapfen z''' bewirkt zugleich, daß das Rad z bei der Verschiebung des Schlittens N mitgenommen wird. Um nun endlich auch die Schraube a' von der Welle P aus zu bewegen, dienen die Räder c' und d' und das Zwischenrad e'. Im Uebrigen sind die Figuren deutlich genug, um einer weiteren Erklärung nicht zu bedürfen; die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Zähnezahlen der Räder, diejenigen, bei welchen die Buchstaben St stehen, die Steigungen der Schraubengewinde.

Eine der so eben beschriebenen Maschinen, in manchen Beziehungen sich anschließende Werkzeugmaschine, ist die auf Taf. XXXI. in Fig. 2 dargestellte Drehbank. Dieselbe ist in der Fabrik zu Gravenstaden im Elsaß erbaut, und in Armengaud's Publication industrielle mitgetheilt worden. Fig. 2^a zeigt einen Längenschnitt, Fig. 2^b eine Ansicht von dem hintern Ende der Spindeldocke, Fig. 2^c eine obere Ansicht, Fig. 2^d giebt einen Vertikalschnitt des Supports mit einer zu der Axe der Drehbank normalen Ebene. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Fig. 2^d ist ein Detail des auf dem Support befindlichen Aufsatzes in doppelter Größe.

Die Maschine hat zunächst wie eine gewöhnliche Drehbank ein Bett A, auf welchem sich die Spindeldocke B und die Spitzdocke C befinden, nur mit dem Unterschiede, daß das Bett sehr niedrig ist, und daß beide Docken auf hohen Untersätzen angebracht sind. Diese Anordnung gestattet Gegenstände zwischen Spitzen zu drehen, welches bei der zuletzt beschriebenen Maschine nicht möglich ist. Die Spindeldocke trägt die Spindel D, welche mit einer Stufenscheibe E versehen ist; entweder wird dieselbe mit dem auf der Spindel befestigten Rade a gekuppelt bei a',

wenn man directen Betrieb wünscht, wobei dann die Vorgelegswelle F ausgerückt ist; oder man löst die Kuppelung und überträgt die Bewegung, ähnlich den früher beschriebenen Anordnungen, nach Einrückung des Vorgelegs durch die Räder d, c, b, a an die Spindel, wobei dieselbe bei einer Umdrehung der Stufenscheibe nur $^1/_{10}$ Umdrehungen macht. Auf dem Ende der Spindel bei e kann entweder das Arbeitsstück, oder das Werkzeug befestigt werden; in der Zeichnung ist eine Fraise auf dem Spindelende angebracht.

Der Support G ist in ähnlicher Weise wie bei der vorigen Maschine vor der Spindeldocke gleitend verschiebbar, und kann durch die Schraube H mit dem Ziehrade f in entsprechende Höhe eingestellt werden; auf der consolförmigen Unterlage ist der Schlitten I nach der Richtung der Axe der Leitspindel mit Hilfe der Schraube g und des Kurbelrädchens h verschiebbar; diese Bewegung ist nur mit der Hand auszuführen. Dagegen kann die Bewegung des Schlittens K in einer zur Spindelaxe normalen Richtung durch die Schraube i sowohl mit der Hand, und zwar mittelst eines bei k aufzusteckenden Kurbelrädchens, als auch selbstthätig durch die Maschine vermöge des bei l (Fig. 2[d]) befindlichen Schraubenrädchens ausgeführt werden. Dieses Schraubenrädchen l correspondirt mit der Schraube ohne Ende m, welche in Nuth und Feder auf der Welle n gleitend der Stellung des Schlittens I entsprechend verschiebbar ist, sich aber mit der Welle n gemeinschaftlich drehen muß. Die Welle n erhält mittelst der Riemscheiben o und p ihre Bewegung von der Spindel D. Die Platte K kann, wenn es erforderlich ist, z. B. beim Fraisen der Schraubenköpfe und Muttern, mit einer Aufsatzplatte L versehen werden, wie sie die Zeichnung in Fig. 2[a], 2[c] und 2[d] darstellt; diese Platte L ist mit einer Schraube an K befestigt; sie trägt in der Mitte einen Zapfen q, um welchen sich die mit Schraubenzähnen versehene Platte M drehen läßt. Diese Drehung geschieht mit Hilfe der in die Schraubenzähne der Platte M eingreifenden Schraube r mittelst der Kurbel s. Auf dieser Platte M wird das Arbeitsstück, welches bei der Bearbeitung solcher Drehung bedarf, befestigt, entweder unmittelbar oder mit Hilfe von passenden Hülsen, wie eine solche bei t in Fig. 2[a] dargestellt, eine andere bei t′ in Fig. 2[e] besonders gezeichnet ist.

Beim Fraisen von Schraubenköpfen bedient man sich der Hülse t′; beim Fraisen der Muttern der Hülse t. Die Drehung um den Zapfen q ist hier nöthig, um nach und nach die verschiedenen Seitenflächen an die arbeitende Fraise zu bringen; ist eine Fläche fertig gefraist, so muß man $^1/_6$ Kreis weiter drehen, um bei sechskantigen Muttern die folgende Fläche zur Bearbeitung zu stellen. Damit aber genau $^1/_6$ Kreis gedreht und demnächst das Arbeitsstück in dieser Lage fixirt werde, ist entweder mit dem Schneckenrade M bei u, oder mit der Hülse t′ bei u′ eine Theilscheibe, mit 6 Einschnitten versehen, verbunden, und der Klinkhebel v, angedrückt durch die Feder w, hält die Scheibe in der bestimmten Position fest. Will man weiter drehen, so wird mittelst der Handhabe x der Klinkhebel ausgehoben, und nun entweder unmittelbar, oder mittelst der Kurbel s die Drehung bewirkt, so weit, bis der Hebel v in den nächsten Einschnitt der Scheibe u einfaßt. — Die Einrichtung der Spitzdocke C bedarf keiner weitern Beschreibung.

Wir haben die soeben beschriebenen sechs Drehbänke hier ausgewählt, weil sie die wichtigsten Anordnungen und Constructionen enthalten; keineswegs sind jedoch hierdurch die vielen, oft sehr sinnreichen Constructionen für Drehbänke und ähnliche Maschinen erschöpft.

Vorrichtung zum Ovaldrehen.

Wir schließen hier die Beschreibung einer in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin befindlichen einfachen Vorrichtung zum Ovaldrehen an. Dieselbe ist so eingerichtet, daß sie sich an der Spindeldocke einer gewöhnlichen Fußdrehbank leicht befestigen und wieder entfernen läßt.

Taf. XXXV. Fig. 2 zeigt die Vorrichtung in $^1/_3$ der natürlichen Größe, und zwar ist Fig. 2^a die Vertikalansicht der an der Drehbank befestigten Vorrichtung, Fig. 2^b ein Horizontalschnitt, Fig. 2^c eine Vorderansicht und Fig. 2^d und 2^e sind Details.

Vor die Spindeldocke A schraubt man mittelst zweier Schrauben a und a′ das Bronzestück B, welches in Fig. 2^d im Detail in zwei Ansichten gezeichnet ist. Dieses Stück ist bei b mit einer Theilung versehen, welche mit einer auf dem obern Rande der Spindeldocke angebrachten Theilung b′ correspondirt; außerdem befindet sich bei c ein vorspringender, genau cylindrisch abgedrehter Rand.

Durch die Stellschrauben a a′ mit Hilfe der eben erwähnten Theilung b ist es möglich, das Stück B so zu befestigen, daß entweder die Axe des Rades c mit der Axe der Spindel zusammenfällt, oder um ein bestimmtes, an der Theilung abzulesendes Stück excentrisch steht. Beim Ovaldrehen ist diese excentrische Befestigung nöthig; um sie zu ermöglichen, dient der Ausschnitt d, durch welchen der Kopf e der Spindel hindurchreicht; auf diesen Kopf wird die Platte C aufgeschraubt, welche in Fig. 2^e besonders gezeichnet ist. Dieselbe hat zwei Schlitze f f, und auf der Platte C liegt ein Schieber D, welcher zwischen zwei Führungs-Coulissen g g gleitend verschiebbar ist; an diesem Schieber D sind zwei parallele Schienen h h mit Hilfe der Schrauben i i befestigt, welche durch die Schlitze f f hindurchreichend den vorspringenden Rand c des Stückes b umfassen.

Da nun der Schieber D an der Rotation des auf der Spindel befestigten Stückes C Theil nehmen muß, zugleich aber den excentrisch gegen die Spindel befestigten Rand c mittelst der Schienen h h umfaßt, so erleidet er bei der Drehung zugleich eine hin- und hergehende Verschiebung um den doppelten Betrag der Excentricität. Auf dem Schieber D wird mittelst der Schraube k das oval zu drehende Stück befestigt; bei der Rotation nähert und entfernt sich die Axe desselben in entsprechender Weise von dem parallel zur Spindelaxe geführten Stichel, und beschreibt so gegen denselben Ellipsen.

Die Excentricität des Stückes B gegen die Spindel ist gleich der Differenz der beiden Halbaxen der Ellipse.

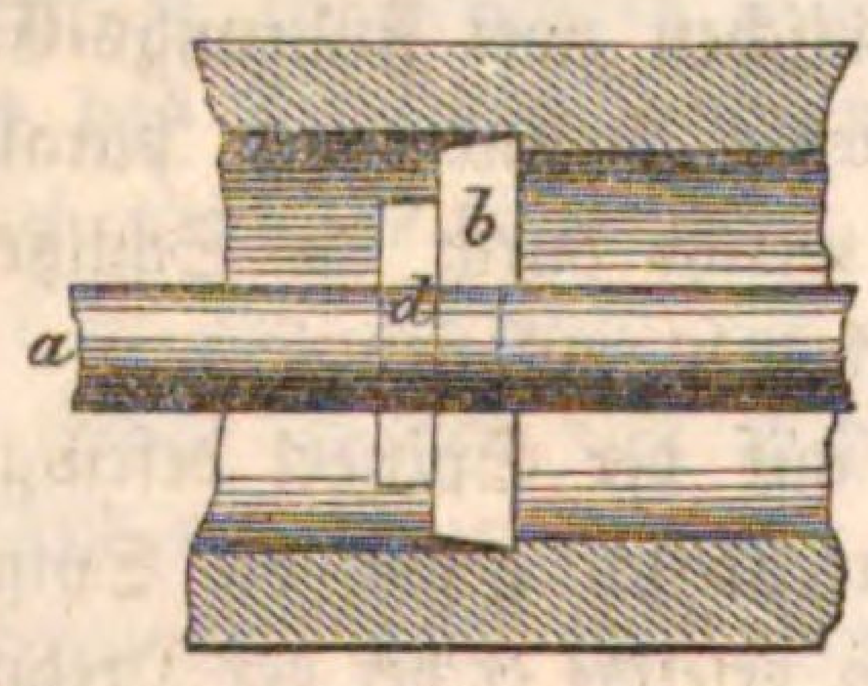
§. 101.

Maschinen zum Ausbohren und Ausdrehen; deren Construction und Berechnung.

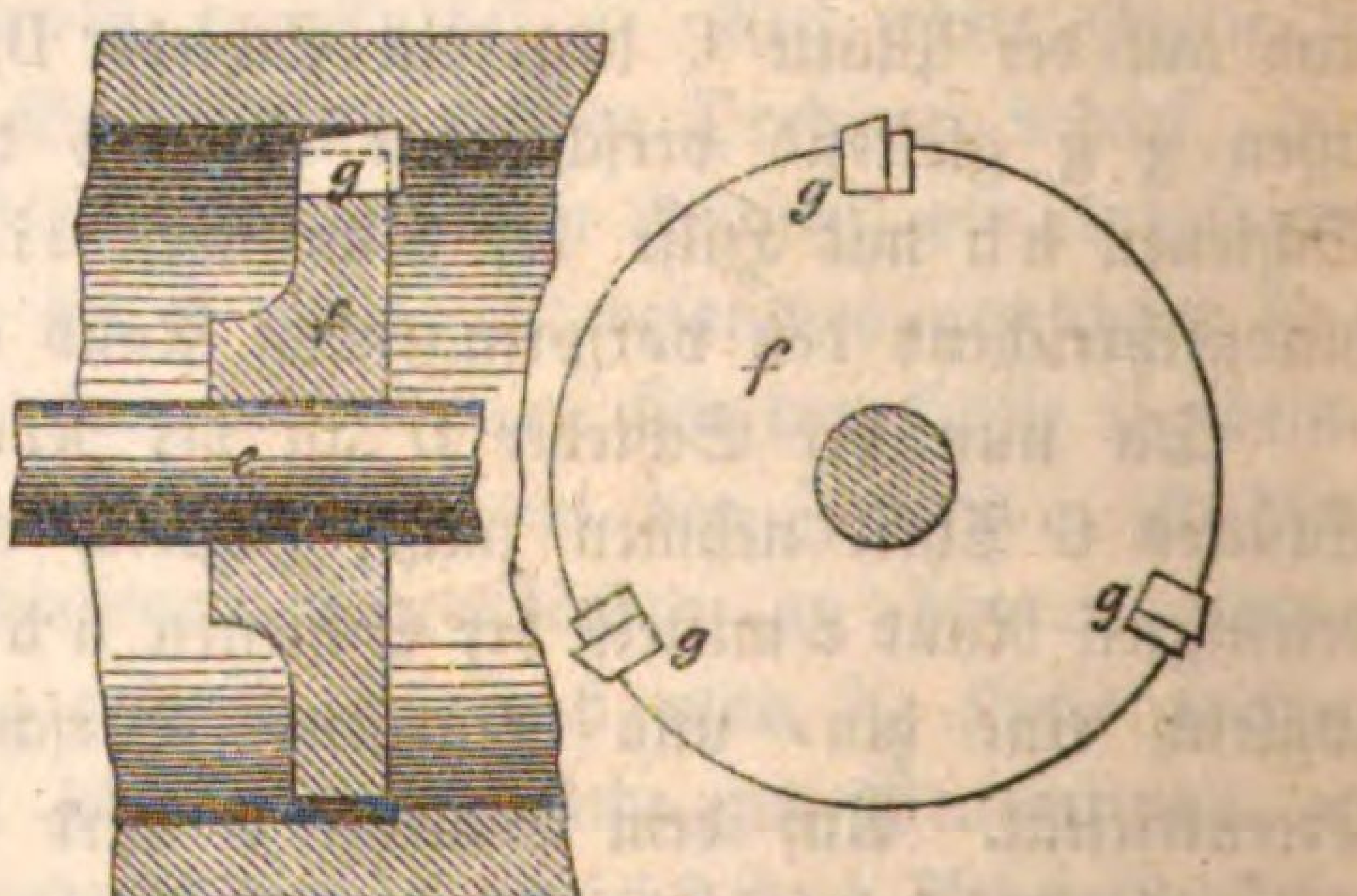
Die Bohrmaschinen, deren man sich in den Maschinenwerkstätten bedient, haben vorzugsweise den Zweck, cylindrische Höhlungen zu erzeugen. Entweder enthält das zu bearbeitende Stück schon in der rohen Form die erforderlichen Höhlungen, und dieselben sind nur in der nöthigen Schärfe und Genauigkeit durch Bearbeitung herzustellen, oder das zu bearbeitende Stück ist voll und die Höhlung (Durchbohrung) soll erst durch die Maschine bewirkt werden. Die erstgenannte Operation wollen wir mit der Benennung Ausbohren oder Ausdrehen, die andere mit der Benennung Durchbohren oder vorzugsweise „Bohren" bezeichnen.

Das Ausbohren geschieht nur bei Höhlungen von größerem Durchmesser, und wird entweder auf dazu geeigneten Drehbänken oder auf besondern für diesen Zweck construirten Maschinen (Cylinderbohrmaschinen vorgenommen. Das schneidende Werkzeug ist dabei entweder ein Stichel, welcher auf dem Support der Drehbank im Stichelhause befestigt ist, während das auszubohrende Stück auf der Planscheibe angebracht ist und sich dreht; oder es wird durch ein oder mehrere Messer gebildet, die man an einer Stange, der Bohrstange befestigt. Die Befestigung der Messer geschieht bei kleinern Höhlungen unmittelbar in der Bohrstange, bei größern Höhlungen bringt man auf der Bohrstange noch erst eine Scheibe an, den Bohrkopf, in dessen Peripherie man die Messer mit Hilfe von Keilen befestigt. Holzschnitt 94 zeigt die erste Anordnung, Holzschnitt 95 die zweite, a ist die Bohrstange, in

(94)



(95)

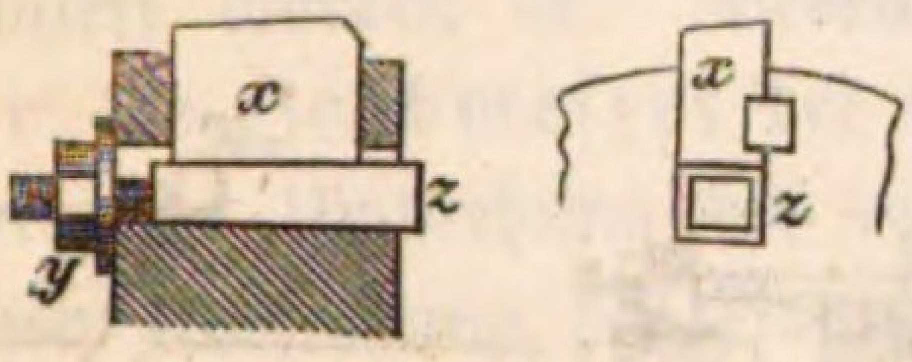


welche das Messer b eingeschoben und durch den Keil d befestigt ist; das Messer schneidet entweder nun mit dem einen Ende, oder, wie hier gezeichnet, mit beiden Enden.

Der in Holzschnitt 95 dargestellte Bohrkopf zeigt bei e die Bohrstange, f ist die Scheibe, g g g sind die Messer, deren Anzahl (hier drei) man gewöhnlich ungerade wählt, weil die Höhlung bei einer geraden Anzahl von Messern leichter unrund wird; die Messer sind auf der vordern Stirnfläche nicht normal zur Bohrstange abgesetzt, sondern entweder abgestumpft, oder abgerundet, um hierdurch das Vorschieben derselben zu erleichtern und das Stumpfwerden zu

vermeiden. Der *Holzschnitt* 96 zeigt eine Methode, die Messer in dem Bohrkopf zu befestigen, welche die Möglichkeit gewährt, die Schneide x mit Hilfe

(96)



des Keils z, der durch die Mutter y angezogen werden kann, in die Peripherie genau einzustellen. Die Bohrstange muß möglichst stark gemacht werden, damit sie nicht zittere, man macht sie daher bei großen Durchmessern oft hohl und von Gußeisen.

Um die Operation des Ausbohrens zu bewirken, müssen die Messer gegen die darzustellende Oberfläche eine *drehende* und eine continuirlich fortschreitende Bewegung machen. Die *Anordnung der Bohrmaschinen* läßt in dieser Beziehung mancherlei Verschiedenheiten zu, die sich in folgenden Fällen darstellen.

1) Das *auszubohrende* Stück steht *fest*, und die *Messer* machen beide Bewegungen.

2) Das *auszubohrende* Stück *rotirt*, und die *Messer* machen die fortschreitende Bewegung.

3) Das *auszubohrende* Stück macht die fortschreitende Bewegung, und die Messer rotiren.

4) Das *auszubohrende* Stück macht beide Bewegungen, und die *Messer* stehen fest.

Hierbei kann wiederum:

a) die Axe der darzustellenden Höhlung *vertikal* sein (*vertikal* oder *stehende* Bohrmaschinen), oder

b) es kann die Axe der darzustellenden Höhlung *horizontal* sein (horizontale oder liegende Bohrmaschinen).

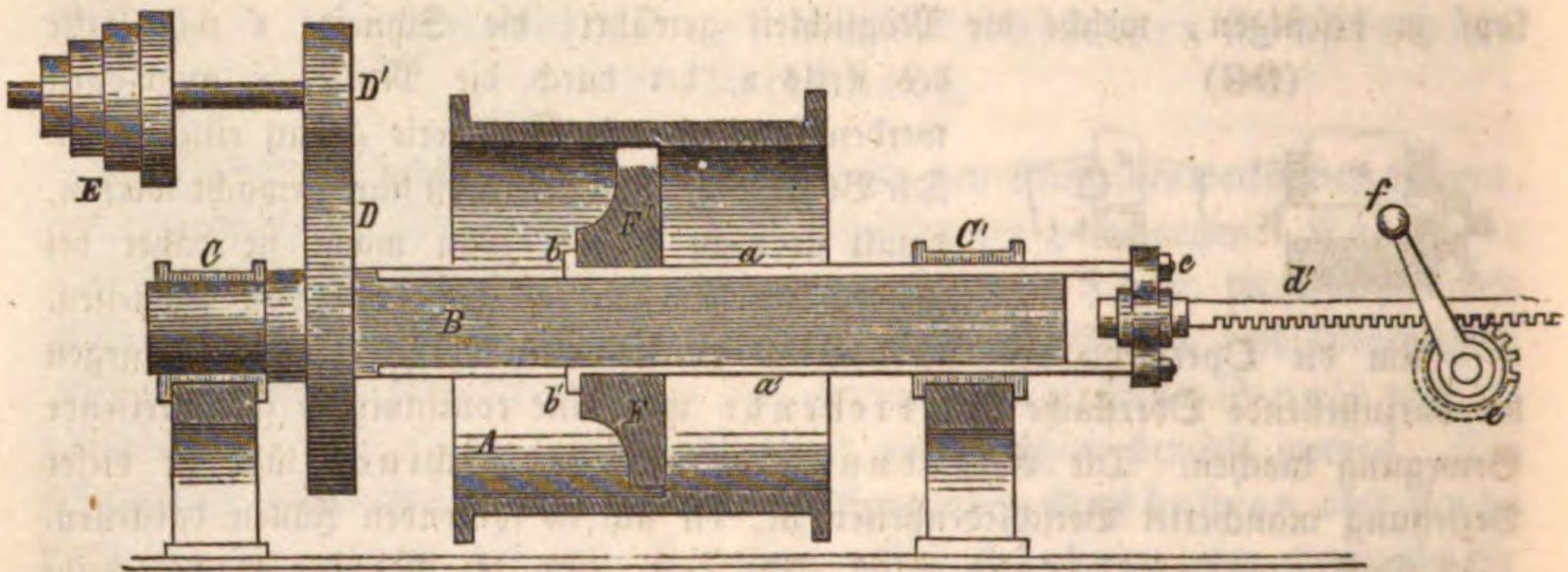
Wenn man eine Cylinderbohrmaschine besonders construirt, so ist die unter 1) genannte Anordnung die übliche, wenn man eine Höhlung auf der Planscheibe ausdreht, so kommt die unter 2) genannte Anordnung zur Geltung; wenn man eine Leitspindel-Drehbank zum Ausbohren benutzt, so setzt man die Bohrstange zwischen die Spitzen der Docken, und befestigt den auszubohrenden Cylinder auf der Grundplatte des Supports, dann kommt die unter 3) genannte Anordnung in Anwendung. Die Anordnung unter Nr. 4) ist bei Cylinderbohrmaschinen nicht gebräuchlich.

Die unter 1) genannte Anordnung ist also den Cylinderbohrmaschinen eigenthümlich, und wir wollen daher hier noch Einiges über die *Mittel anführen, den Messern die rotirende und zugleich die fortschreitende Bewegung zu ertheilen.*

Sind die Messer in der Bohrstange *unmittelbar* befestigt, so muß die *ganze Bohrstange* beide Bewegungen machen, wenn dagegen ein besonderer *Bohrkopf* angewendet wird, so ordnet man den Bewegungs-Mechanismus gewöhnlich so an, daß der Bohrkopf mit der Bohrstange sich *gemeinschaftlich* dreht, die Bohrstange in *festen Lagern* sich bewegt, während der *Bohrkopf* sich auf der Bohrstange gleitend verschiebt.

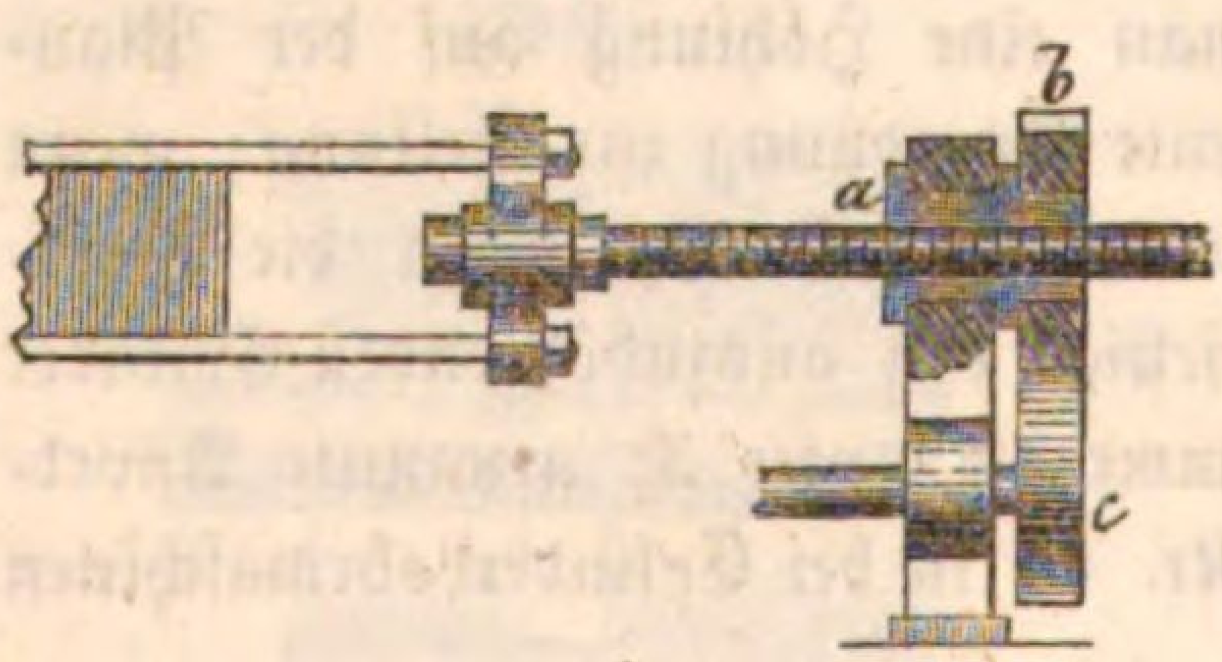
Die folgenden Holzschnitte zeigen einige der gebräuchlichsten Constructionen, um diese Bewegungen auszuführen.

(97)



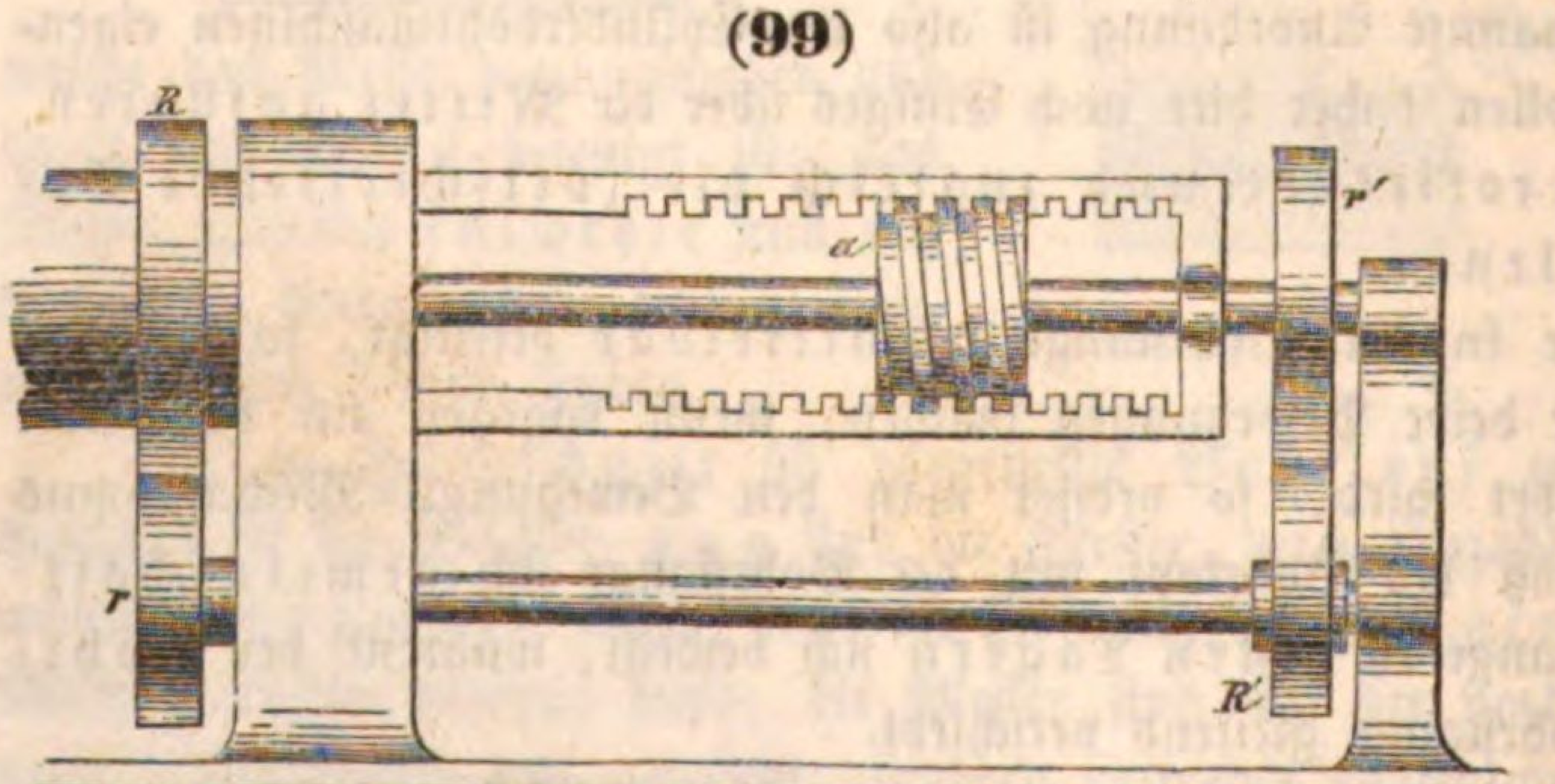
Holzschnitt 97 stellt bei A den feststehenden, auszubohrenden Cylinder dar, B ist die Bohrstange, welche sich bei C C' in Zapfenlagern dreht, und ihre Rotation mittelst des Vorgelegs D D' und der Stufenscheibe E von der Hauptwelle empfängt; F ist der Bohrkopf; zwei Nuthen mit Federn a a' vermitteln, daß der Bohrkopf von der Bohrstange mit in Umdrehung gesetzt wird; diese Federn aber sind in ihren Nuthen verschiebbar, sie greifen mit Haken b b' hinter den Bohrkopf und ziehen denselben vorwärts, wenn sie selbst einen solchen Zug empfangen. Um dies zu bewirken, sind die beiden Federn vorn durch einen Querarm verbunden, und in der Mitte desselben sitzt eine Zahnstange, jedoch so, daß die Drehung des Systems a b c, an welcher die Zahnstange nicht Theil nimmt, nicht gehindert werde, die Zahnstange d wird durch ein Getriebe e mittelst der Kurbel f vorgezogen, und bewirkt so das Fortschreiten des Bohrkopfs.

(98)



Anstatt eine Zahnstange anzuordnen, kann man sich zum Vorziehen des Bohrkopfes, wie Holzschnitt 98 zeigt, auch der Schraube bedienen. Die Mutter a liegt in einem Lager und wird mittelst der Rädchen b c in Umdrehung gesetzt; die Welle des Rädchens c erhält ihre Bewegung von der Maschine aus. Eine noch andere Methode ist durch den Holzschnitt 99 dargestellt. Hier ist jede der beiden Federn, die den Bohrkopf fortziehen, mit einer Zahnstange versehen, die beiden Zahnstangen haben schräge Zähne und greifen in eine zwischen beiden liegende Schraube ohne Ende ein, welche sich mit einer größern oder kleinern

(99)



Winkelgeschwindigkeit bewegen muß, als die Bohrstange mit den daran befindlichen Zahnstangen. Die Theorie dieses Mechanismus ist genau dieselbe, welche auf S. 573 bei Gelegenheit der auf Taf. XXX. dargestellten Maschine erläutert worden ist. Bedeutet s die Steigung der Schraube, und R R′, r r′ die Halbmesser der mit denselben Buchstaben bezeichneten Räder, so macht bei einer Umdrehung des auf der Bohrstange befestigten Rades R, also auch bei einer Umdrehung der Bohrstange die Schraube a

$$\frac{R \,.\, R'}{r \,.\, r'} \text{ Umdrehungen}$$

folglich macht sie

$$\left(1 - \frac{R \,.\, R'}{r \,.\, r'}\right)$$

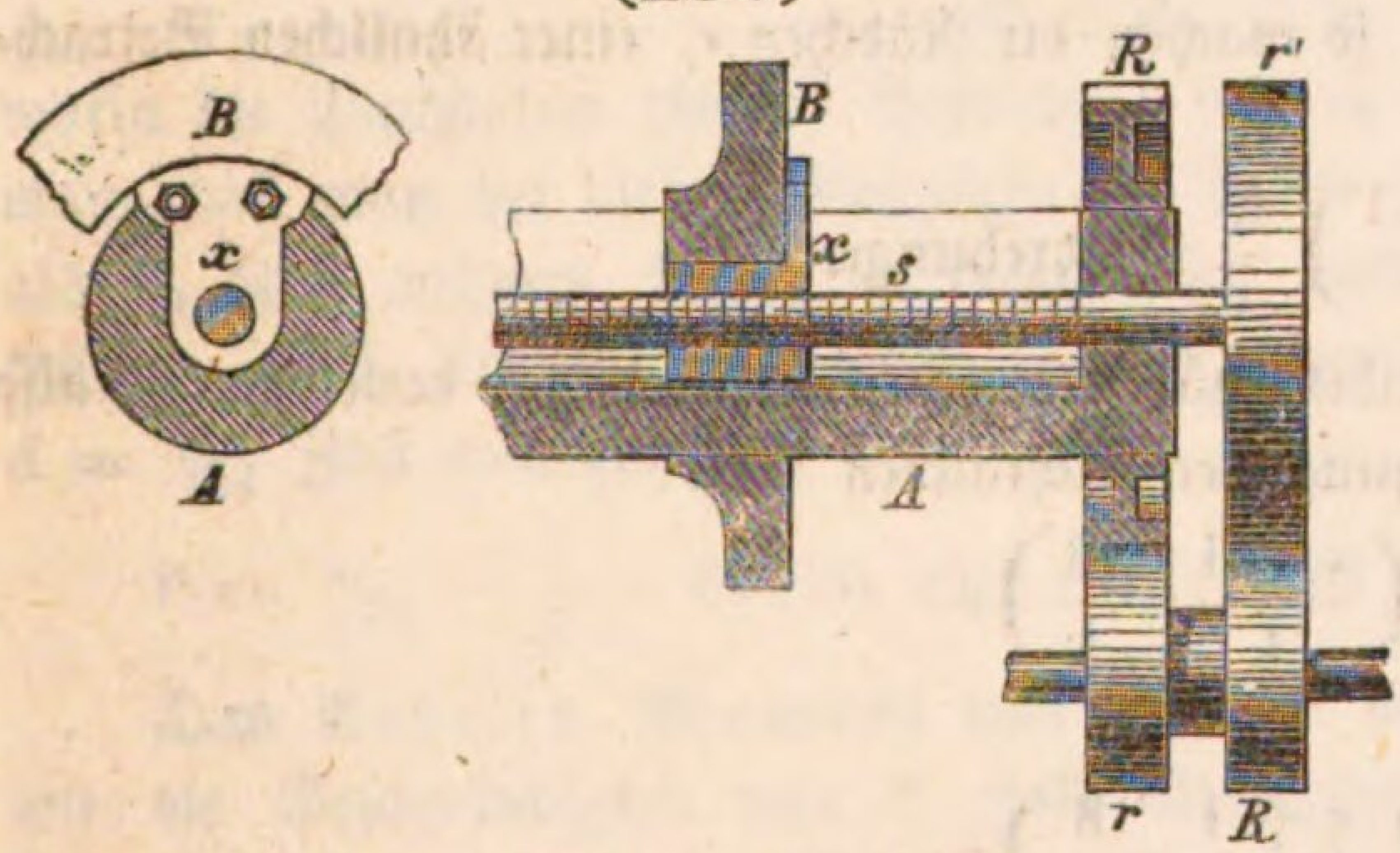
mehr Umdrehungen als die Bohrstange, und es müssen also die mit der Bohrstange gemeinschaftlich rotirenden Zahnstangen um

$$s\left(1 - \frac{R \,.\, R'}{r \,.\, r'}\right)$$

während einer Umdrehung der Bohrstange sich geradlinig verschoben haben.

Die hier gezeichneten Anordnungen liegen außerhalb der Bohrstange; man hat aber, um Raum zu ersparen, den Mechanismus zur Fortschiebung des Bohrkopfes auch wohl in das Innere der Bohrstange verlegt, die dann hohl dargestellt ist. Der Holzschnitt 100 zeigt eine solche Anordnung, A ist die Bohrstange, B der Bohrkopf; im Innern der Bohrstange liegt die Schraube s mit der Mutter x, welche an dem Bohrkopf befestigt ist, und sich mit demselben der Länge nach auf der Spindel verschieben läßt. Um dies zu ermöglichen, ist die Spindel der Länge nach mit einem Schlitz versehen. R ist ein auf der Bohrstange, r′ ein auf der Schraubenspindel befestigtes Rad, r und R′ sind Vorgelegsräder auf einer festen Welle, die außerhalb der Bohrspindel liegt. Die Berechnung des Mechanismus ist genau die soeben bei dem Holzschnitt 99 erläuterte.

(100)



Bei großen Bohrköpfen hat man, anstatt eine Schraube in der Axe der Bohrstange anzubringen, auch wohl zwei bis drei Schraubenspindeln neben der Axe und parallel damit, entweder in Nuthen der Axe oder auch ganz außerhalb der Axe angebracht. Die Muttern dieser Schrauben sind an dem Bohrkopf befestigt, und die Fortschiebung des Bohrkopfes erfolgt durch Drehung der Schrauben, welche durch einen sehr ähnlichen Mechanismus wie der eben beschriebene bewirkt wird. Auf den Schraubenspindeln sitzen nämlich Rädchen, welche in ein in der Axe der Bohrstange angebrachtes Rad eingreifen. Der Halbmesser dieses letzten sei R, der Halbmesser der eingreifenden, auf den Schrauben-

spindeln befestigten Rädchen sei r. Dreht sich das Rad R mit derselben Winkelgeschwindigkeit, mit welcher die Bohrspindel rotirt, und nach derselben Richtung, so wird dasselbe gegen die eingreifenden und gleichfalls mit der Bohrspindel gemeinschaftlich rotirenden Rädchen keine relative Verdrehung erleiden, die Rädchen werden also eine Rotation der Schraubenspindeln nicht bewirken; wenn dagegen das Rad R festgehalten wird, während sich die Rädchen r mit der Bohrspindel drehen, so wälzen sich die Peripherien von r auf der Peripherie von R ab, und bei einer Umdrehung der Bohrspindel haben die Rädchen r so viel Umdrehungen gemacht, als ihre Peripherie in derjenigen von R enthalten ist, das ist $\frac{R}{r}$. Wenn nun das Rad R während einer Umdrehung der Bohrspindel nur $\frac{1}{x}$ Umdrehung, und zwar in demselben Sinne macht, so läßt sich die Sache auch so betrachten, als drehe sich das Rad R während $\frac{1}{x}$ der ganzen Umdrehungszeit mit der Bohrspindel gemeinschaftlich, und ohne also eine Verdrehung der Räder r zu bewirken, und stände dann während der übrigen Zeit $\left(1 - \frac{1}{x}\right)$ fest, wodurch die Rädchen r also

$$\left(1 - \frac{1}{x}\right)\frac{R}{r} = \left(\frac{x-1}{x}\right)\frac{R}{r}$$

Umdrehungen machen würden. Dreht sich das Rad R nach entgegengesetzter Richtung mit der Bohrspindel, so machen die Rädchen r, einer ähnlichen Betrachtung gemäß:

$$\left(\frac{x+1}{x}\right)\frac{R}{r} \text{ Umdrehungen.}$$

Der Vorschub der Bohrspindel während einer Umdrehung derselben ist also im ersten Falle, wenn die Steigung der Schrauben s ist:

$$\left(\frac{x-1}{x} \cdot \frac{R}{r}\right)s$$

im andern Falle:

$$\left(\frac{x+1}{x} \cdot \frac{R}{r}\right)s.$$

Zu bemerken ist, daß in beiden Fällen die Richtung, nach welcher die Schrauben gedreht werden, dieselbe ist, so lange im ersten Falle $\frac{1}{x}$ kleiner als 1 ist; sobald aber im ersten Falle $\frac{1}{x}$ größer als 1, also x kleiner als 1 wird, wird die Richtung der Drehung die entgegengesetzte.

Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das schneidende Werkzeug an der darzustellenden Oberfläche fortbewegt, ist bei dem Ausbohren geringer als beim Abdrehen auf Drehbänken zu nehmen, sie kann betragen:

	pro Secunde	pro Minute
für Stahl	1 bis 1 ¼ Zoll	5 bis 6 ¼ Fuß
„ Schmiedeeisen	2 — 3⅓ „	10 — 15 „
„ graues weiches Gußeisen	1¼ — 2 „	6½ — 10 „
„ weißes hartes Gußeisen (Hartguß)	¼ — ½ „	⁵⁄₄ — 2½ „
„ Messing und Bronze	4 — 6 „	20 — 30 „
„ Holz	6 — 8 „	30 — 40 „

Das Fortrücken des schneidenden Werkzeugs in der Leitlinie ist beim Ausbohren gewöhnlich ebenfalls geringer, als beim Ausdrehen, auch hier richtet sich die Dicke des zu schneidenden Spahns (vergl. §. 96. S. 544) nach dem Material und nach der Art der Arbeit, man rechnet:

für eine Umdrehung des Arbeitsstückes als Vorschub

nicht weniger als	nicht mehr als
$^1/_{180}$ bis $^1/_{130}$ Zoll	$^1/_{36}$ bis $^1/_{24}$ Zoll
oder $^1/_{15}$ bis $^1/_{10}$ Linie	$^1/_3$ bis $^1/_2$ Linie.

Hiernach lassen sich in gleicher Weise, wie in §. 96. die Leistungen der Cylinderbohrmaschinen berechnen.

Der größte Druck, welcher an der Peripherie des Bohrkopfes wirksam ist, bestimmt sich hier durch die Gleichung

$$P = \delta . \varepsilon . k$$

worin die Buchstaben dieselbe Bedeutung wie in §. 96. S. 544 haben. Rechnet man, daß man bei diesen Maschinen die Breite des Spahns ε nicht wohl größer als $^3/_8$ Zoll nehmen kann, so ergiebt sich, wenn wir die Schnittfestigkeit des Eisens gleich 60000 Zollpfund rechnen, und die größte Dicke des Spahns $\delta = {}^1/_{24}$ Zoll annehmen:

$$P = {}^1/_{24} \cdot \frac{3}{8} \cdot 60000 \text{ oder rund } 1000 \text{ Pfund.}$$

Das Arbeits-Moment zum Betriebe dieser Maschinen würde sich, wenn wir die Geschwindigkeit von 3 Zoll für Schmiedeeisen zu Grunde legen, als Maximum des reinen Arbeits-Moments gleich

$P . v = 1000 . {}^1/_4 = 250$ Fußpfund pro Secunde, oder etwas mehr als ½ Pferdekraft ergeben. Mit Rücksicht auf die vielen passiven Widerstände würde man dasselbe für größere Cylinderbohrmaschinen bis zu einer Pferdekraft und darüber veranschlagen müssen.

§. 102.

Maschinen zum Bohren aus dem Vollen; deren Construction und Berechnung.

Die Maschinen, um Höhlungen aus dem Vollen zu Bohren, oder die eigentlichen Bohrmaschinen unterscheiden sich von den im vorigen Paragraphen behandelten Maschinen zum Ausbohren im Wesentlichen:

a) durch die Form des schneidenden Werkzeugs,

b) durch die Dimensionen der herzustellenden Höhlungen,

c) durch die Art der Anordnung.

Die Form des schneidenden Werkzeugs ist bei den Bohrmaschinen im Allgemeinen nach der Größe der herzustellenden Höhlung und zwar sowohl nach dem Durchmesser als nach der Länge derselben verschieden. Die üblichsten Formen für gewöhnliche Bohrer sind auf Taf. XXXII. in Fig. 3 dargestellt, auch ist bereits auf S. 533 Holzschnitt 86ᵇ eine Skizze des gewöhnlichen Metallbohrers gegeben worden. Die in Fig. 3 Taf. XXXII. bei a gegebene Form wird zum Bohren aus dem Vollen für Löcher bis etwa 1$\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser angewandt; sollen die Löcher einen größern Durchmesser bekommen, so wendet man die bei b dargestellte Form an, welche eigentlich eine Combination zweier Bohrer enthält. Anstatt dieser Anordnung kann man auch so verfahren, daß man zuerst eine Bohrung von geringerem Durchmesser ausführt, und dieselbe durch Nachbohrer von der bei c dargestellten Form erweitert. Auch pflegt man für das Nachbohren die im vorigen Paragraphen beschriebenen Bohrstangen und Bohrköpfe mit Messern anzuwenden.

Zuweilen ist man veranlaßt Höhlungen von sehr beträchtlicher Weite und Tiefe aus dem Vollen zu bohren; man wendet dazu Bohrer mit Messern an.

Dergleichen Bohrungen kommen z. B. bei der Geschützfabrikation vor. Taf. XXXV. Fig. 3ᵃ zeigt die Form eines solchen Geschützbohrers. Die Bohrstange a ist von dem bei a′ dargestellten Querschnitt; die Aushöhlung hat den Zweck die Bohrspähne leichter entfernen zu können; an dem vordern Ende des Bohrers sind zwei Messer angeschraubt, b und b′, welche als Vorbohrer wirken.

Diese Messer lassen in der Drehaxe des Bohrers einen kleinen Zwischenraum, so daß hier, wo die drehende Bewegung sehr gering ist, kein Bohren stattfindet, sondern ein kleiner Zapfen stehen bleibt, welcher in Längen von 3—4 Zoll bei der Arbeit in Folge der durch die Reibung erzeugten Torsion abbricht.

Die vorbohrenden Messer geben zugleich die Form der Pulverkammer des Geschützes; hinter diesen Messern sitzt ein Bohrkopf c, in welchem die Messer d d′ d″ durch Keile e e′ befestigt sind, so daß sie stufenweise die Höhlung erweitern. Man bohrt mit solchen Bohrern Durchmesser bis zu 15 Zoll, indem man zuerst eine Höhlung von 14,8 Zoll vorbohrt, und mittelst eines zweiten Bohrers einen Spahn von $\frac{1}{10}$ Zoll Breite nachschlichtet.

Hat man Geschütze zu bohren, welche keine Pulverkammer enthalten sollen, so fällt der zweite Bohrkopf fort, und der Bohrer nimmt die einfachere in Fig. 3ᵇ auf Taf. XXXV. dargestellte Form an.

Die Construction der Bohrwerke für Geschütze müssen wir hier übergehen, um uns zu den eigentlichen Bohrmaschinen, wie sie in Maschinenfabriken vorkommen, zu wenden. Diese Maschinen pflegen in den meisten Fällen als Maximum des zu bohrenden Durchmessers 1$\frac{1}{2}$ bis höchstens 2 Zoll, und als größte Tiefe 6 bis 8 Zoll zu gestatten; Bohrmaschinen für größere Weiten und Tiefen gehören zu den Ausnahmen, und werden nur für besondere Zwecke construirt.

Die Art der Anordnung dieser Maschinen ist in der Regel folgende: Der Bohrer wird in einer vertikalen Axe befestigt, welche mit demselben gemeinschaftlich rotirt, die fortschreitende Bewegung führt in den meisten Fällen der Bohrer gemeinschaftlich mit der rotirenden Axe (der Bohrspindel) aus; seltener ist bei diesen Maschinen die Anordnung, nach welcher die fortschreitende Bewegung von dem Arbeitsstück ausgeführt wird. (Z. B. bei den Bohrmaschinen, bei welchen der Arbeitstisch durch hydrostatischen Druck gehoben wird.) Hiernach sind die Haupttheile jeder Bohrmaschine:

a) die Bohrspindel mit ihrem Bewegungs-Mechanismus,

b) der Bohrtisch zur Aufnahme des Arbeitsstückes,

c) das Gerüst, welches den Bohrtisch mit der Bohrspindel und deren Mechanismus verbindet.

a) Die Bohrspindel.

Die Bohrspindel ist eine vertikale Welle, deren unteres Ende zur Aufnahme des Bohrers dient, und die gewöhnlich von einer liegenden Welle aus durch konische Räder (Taf. XXXII. Fig. 1. Taf. XXXIII. Fig. 1 und 2 und Taf. XXXIV.) oder durch Riemscheiben, deren Riemen über Führungsrollen geleitet ist (Taf. XXXII. Fig. 2) getrieben wird. Das Rad oder die Riemscheibe, welche auf der Bohrspindel sitzt, muß durch eine Unterlage unterstützt sein, so daß sie an der geradlinigen Bewegung der Spindel nicht Theil nimmt, vielmehr das Durchschieben der Spindel gestattet. Die fortschreitende Bewegung der Bohrspindel wird entweder durch die Hand des Arbeiters, oder durch die Maschine (selbstthätig) bewirkt; in beiden Fällen muß man eine Vorrichtung treffen, um die Bohrspindel nach Vollendung der Bohrung leicht zurückziehen zu können.

Die Vorrichtungen, welche den Mechanismus zum Fortschreiten des Bohrers und zum Zurückziehen desselben bilden, bieten in der Construction mancherlei Verschiedenheiten dar, und wir wollen hier einige erläutern, indem wir den Mechanismus für die Drehung der Spindel gleichzeitig beschreiben.

Die auf Taf. XXXII. in Fig. 1 dargestellte Bohrmaschine hat bei a die Bohrspindel, in welcher bei a′ der Bohrer befestigt wird, die Bohrspindel schiebt sich durch das konische Triebrad b″, mit welchem sie mittelst Nuth und Feder zusammenhängt; dasselbe empfängt durch das Rad c seine Rotation, es ist in dem Lager b′ mittelst eines halsförmigen Ansatzes (s. Fig. 1 g) aufgehängt. Die Welle c′ des Rades c wird durch die Stufenscheibe d von der Haupttriebwelle bewegt, und ihre Umdrehungsgeschwindigkeit kann vermöge des veränderlichen Vorgelegs, welches die Stufenscheiben darstellen, geändert werden. Die Spindel ist bei e in einem Halslager aufgehängt, welches die Drehung gestattet, aber mittelst der Schienen f und f′ an dem Hebel g hängt, der vermöge des Gegengewichtes h das Bestreben hat, die Spindel in die Höhe zu ziehen, und nach Vollendung der Bohrung die Rückbewegung zu veranlassen. Um während der Bohrung die fortschreitende Bewegung zu bewirken, ist oben eine Schraube i′, welche gegen den Kopf der Spindel preßt, und die in einem

Stück i befestigt ist, das sich in einer Nuth des Gerüstes vertikal verschieben läßt. Fig. 1[i] stellt dieses Stück im Detail in drei verschiedenen Ansichten dar. Die Niederbewegung des Stückes i, und somit die Spindel, wird mittelst des Hebels k (Fig. 1[k] im Detail) bewirkt, der durch die Schiene l mit dem Tritthebel m verbunden ist. Tritt man mit dem Fuß während des Bohrens auf den Hebel m, so wird die Spindel niedergedrückt, hebt man den Druck auf, so zieht das Gewicht h die Spindel in die Höhe.

Eine andere Vorrichtung zeigt Taf. **XXXII.** Fig. 2. Die Spindel a wird hier durch die Riemscheibe b bewegt, in welcher sie mittelst Nuth und Feder verschiebbar ist. Der Riemen wird über die Leitrollen b′ b″ (welche mittelst eigenthümlicher, in Fig. 2[b] im Detail gezeichneter Construction mit Hilfe der Schraube c in geeigneter Lage befestigt werden können) nach der Riemscheibe auf der liegenden Betriebswelle geführt. Die fortschreitende Bewegung der Bohrspindel wird durch die Hand des Arbeiters, und zwar mit Hilfe der Kurbel d bewirkt, durch welche man mittelst der Räder e und f die Schraubenspindel g in Bewegung setzt. Die Mutter h dieser Schraubenspindel ist in dem Bohrgerüst befestigt, die Schraube g muß also, wenn sie gedreht wird, auch eine fortschreitende Bewegung machen, und da das Rad f, welches auf der Schraubenspindel g fest sitzt, an dieser fortschreitenden Bewegung Theil nimmt, so ist, um den constanten Eingriff mit e zu vermitteln, das Rad e auf seiner Welle e′ in Nuth und Feder verschiebbar und umgreift mittelst vorspringender Ränder das Rad f. Die Schraube g preßt mittelst eines Spurzapfens g′ (Fig. 2[g]) auf den Kopf der Bohrspindel, und drückt diese nieder, wenn die Schraube abwärts gedreht wird. Zugleich ist mittelst eines umschließenden Halsringes i, welcher die Drehung der Schraube nicht hindert, die Bohrspindel an dem Ende der Schraubenspindel aufgehängt, so daß beim Aufwärtsdrehen der Schraube die Bohrspindel in die Höhe gezogen und der Bohrer aus der gebohrten Oeffnung entfernt werden kann.

Die auf Taf. **XXXIII.** in Fig. 2 dargestellte Bohrmaschine hat bei a die Bohrspindel; die rotirende Bewegung wird derselben durch das konische Rad b mitgetheilt, durch welches die Bohrspindel sich in Nuth und Feder durchschieben kann. Das Rad b wird durch das Rad c bewegt, dessen liegende Welle c′ entweder unmittelbar durch die Stufenscheiben d und d′ bewegt wird, oder mittelbar indem man die Vorgelegsräder e f g und h anwendet. Die Einrichtung ist ganz entsprechend der bei den Spindeldocken der Drehbänke (§. 97.) beschriebenen. Für die unmittelbare Bewegung kuppelt man die Stufenscheiben d mit dem auf der Welle c′ befestigten Rade e, nachdem man zuvor die Falle f′ fortgenommen, und die Welle g′ so weit nach rechts geschoben hat, daß die Räder f und g bezüglich mit e und h außer Eingriff kommen; für die Bewegung mittelst Vorgelege löst man die Kuppelung e′ (Fig. 2[d]) und bringt die Räder in die in Fig. 2[a] gezeichnete Lage. Die fortschreitende Bewegung der Bohrspindel wird durch die Schraube i bewirkt, deren Mutter k in dem Bohrgerüst, aber nicht fest, wie in der zuletzt beschriebenen Anordnung, sondern drehbar eingelassen ist. Die Schraube i erhält durch Drehung der

Mutter eine fortschreitende Bewegung, da sie selbst an der Drehung gehindert ist, weil ihr Fuß an der Platte l, die sich zwischen den Stangen l′ l′ schiebt, befestigt ist. Wird die Schraube niedergeschraubt, so preßt sie mittelst eines kleinen Zapfens m auf den Kopf der Bohrspindel, und drückt diese nieder; die Construction des Zapfens m ist so beschaffen, daß die Bohrspindel zugleich an der Platte l hängen bleibt, wenn die Schraube rückwärts dreht. Hierdurch wird der Bohrer aus der Oeffnung gehoben. Um die Mutter k zu drehen, dient das Rädervorgelege n und o und die Welle o′ mit der Kurbel p. Man kann auch mit Hilfe der Stufenscheiben q und q′, der Welle r′, der Schraube ohne Ende r, und des Schneckenrades s von der Welle c′ aus eine selbstthätige Drehung der Welle o′ und damit eine Bewegung der Schraube i bewirken. Beim Zurückziehen der Spindel wird dann die Schraube ohne Ende r ausgerückt und die Bewegung mit der Hand vollbracht.

Fast genau dieselbe Construction ist bei der großen Krahnbohrmaschine auf Taf. XXXIV. in Anwendung. Es sind in Fig. a, b und c die Theile, welche den analogen Stücken der zuletzt beschriebenen Construction entsprechen, genau mit denselben Buchstaben bezeichnet, so daß es keiner besondern Beschreibung bedarf, nur mag bemerkt werden, daß s′ s″ s‴ in Fig. b, c und h den Mechanismus bedeuten, welcher zum Auslösen der Schraube ohne Ende r aus dem Schraubenrade s angebracht ist. Mit Hilfe der Fig. h, welche die kleine Welle r′ mit Zubehör im Detail darstellt, ist dieser Mechanismus leicht verständlich.

Wesentlich verschieden von den soeben besprochenen Vorrichtungen ist die Construction zur Verschiebung der Bohrspindel, welche bei der auf Taf. XXXIII. in Fig. 1 dargestellten Bohrmaschine angewandt ist. Die Bohrspindel a ist wieder in dem konischen Rade b verschiebbar, und erhält von diesem durch Eingriff mit dem konischen Rade c von der Welle c′ her die Bewegung; der obere Theil der Bohrspindel ist aber bei d unmittelbar als Schraubengewinde gestaltet. Rechts und links greifen in diese Schraube die Schneckenräder e und f ein, welche auf den Axen e′ und f′ sitzen. Wenn die Bohrspindel rotirt, so wirkt das Schraubengewinde d als Schraube ohne Ende, und dreht die Schraubenräder e und f. Hält man aber die Schraubenräder fest, so daß sie sich gar nicht drehen können, so bilden sie gewissermaaßen die Schraubenmutter für das Gewinde d, und dieses schraubt sich nieder. Wenn man nun die Schraubenräder weder ganz festhält, noch ihnen die freie Bewegung gestattet, so wird ein Zwischenzustand eintreten, die Schraube d wird sich mit einer der Geschwindigkeit, die den Rädern e und f verblieben ist, entsprechenden fortschreitenden Bewegung niederschrauben. Um nun die Räder e und f entweder ganz fest zu halten, oder ihnen eine mäßige Geschwindigkeit zu gestatten, dienen die Bremsscheiben g und h auf den Wellen e′ und f′. Diese Bremsscheiben werden von zwei halben brillenförmigen Ringen umfaßt, welche durch den Hebel i, dessen Axe die Ringe mittelst Rechts- und Linksschraube durchdringt, mehr oder weniger angepreßt werden können. Das Rad k dient dazu, um die Schraubenspindel mit Hilfe des Schraubenrades f niederzubewegen, wenn man sich des eben beschriebenen Mechanismus nicht bedienen will; l ist eine Hebelverbindung

l′ ein Gegengewicht, welches die Spindel wieder hebt, und aus dem Bohrloch herauszieht, wenn die Bohrung vollendet ist. Die Figuren 1^g und 1^h geben Detailzeichnungen des zum Verschieben der Bohrspindel dienenden Mechanismus.

Außer den hier beschriebenen Anordnungen kann man auch die verschiedenen Constructionen, fast sämmtlich, bei den vertikalen Bohrmaschinen nachbilden, welche wir im vorigen §. 101. für die Cylinderbohrmaschinen angegeben und beschrieben haben.

b) Der Bohrtisch.

Der Bohrtisch dient zur Aufnahme des Arbeitsstückes, welches gebohrt werden soll. Ist dies Arbeitsstück sehr groß, und schwer genug, so liegt es auf dem Fußboden, und man bedarf eines eigentlichen Bohrtisches nicht. Da manche Maschinentheile an verschiedenen Stellen durchbohrt werden müssen, so muß man sie auf dem Bohrtisch hin und her schieben können, oder man muß, wenn sie auf dem Bohrtisch festliegen, diesen letztern angemessen verschieben können. In jedem Fall muß man aber den Bohrtisch, je nach der Dicke und Höhe des zu bohrenden Stückes, vertikal verstellen können.

Eine sehr einfache Construction des Bohrtisches zeigt die Maschine, welche auf Taf. XXXII. in Fig. 1 dargestellt ist. Der Bohrtisch n ist mittelst Tförmiger Feder und Nuth (s. Fig. 1^e) vor dem Bohrgerüst verschiebbar, und läßt sich in passender Höhe durch die Schrauben n′ n′ befestigen. Die Vertikalstellung kann durch die Schraube o bewirkt werden, deren Kopf o′ vier Handhaben hat, und zugleich dem Bohrtisch als Stützpunkt dient. Die Mutter für die Schraube a ist in dem Ständer p.

Der Bohrtisch der auf Taf. XXXII. Fig. 2 dargestellten Bohrmaschine ist mittelst Zahnstange und Getriebe in vertikaler Richtung verstellbar. Die Zahnstange k ist an dem Gerüst fest, das eingreifende Getriebe l ist mit seiner Axe im Bohrtisch gelagert, es wird mittelst der Kurbel m gedreht und durch das Sperrrad l′ gegen Rücklauf gesichert. Will man den Tisch niederlassen, so hebt man mit dem Hebel n die Sperrklinke aus. Nachdem der Bohrtisch in die richtige Lage gebracht worden, kann man ihn durch die Klemmschraube O feststellen. Der Bohrtisch ist noch mit einer Schraubenzwinge p versehen, in welcher der zu bohrende Gegenstand eingespannt werden kann. Fig. 2^d, 2^e und 2^f geben Details des Bohrtisches.

Eine vollkommenere Einrichtung des Bohrtisches zeigt die auf Taf. XXXIII. Fig. 2 dargestellte Bohrmaschine. Der Bohrtisch wird zunächst durch eine Art horizontaler Planscheibe t gebildet (Fig. 2^e im Detail), auf welcher mit Hilfe entsprechender Schlitze das zu bohrende Stück befestigt wird. Diese Scheibe steckt mittelst eines Zapfens t′ in einer Hülse t″, läßt sich mit dem darauf befestigten Arbeitsstück in der Hülse herumdrehen und durch die Schraube t‴ festklemmen. Die Hülse t″ bildet den Vordertheil eines consolartigen Stückes u, welches in einem Rahmen v horizontal verschiebbar ist, hierzu dient die Schraube u′, deren Mutter in dem Stück u befestigt ist, und auf deren Ende bei u″ eine Kurbel aufgeschoben wird. Außerdem ist das Consol u mit dem Rahmen v

gemeinschaftlich in vertikaler Richtung verstellbar, indem man die Schraube ohne Ende w auf der Welle w′ mit Hilfe der Kurbel w″ dreht.

Diese Schraube ohne Ende w bewegt das Schneckenrad x (Fig. 2[c]), auf dessen Welle das Getriebe x sitzt, welches in die Zahnstange y greift, die an dem Vordertheil des Bohrgerüstes z befestigt ist.

Der Bohrtisch hat zufolge dieser Anordnung drei Bewegungen, nämlich:

a) eine vertikale Verschiebung;

b) eine horizontale Verschiebung;

c) eine Drehung in horizontaler Ebene.

Die Bohrmaschinen, welche auf Taf. **XXXIII.** in Fig. 1 und auf Taf. **XXXIV.** dargestellt sind, haben keinen Bohrtisch; sie dienen zum Bohren großer und voluminöser Gegenstände, z. B. für Kessel, Feuerbuchsen von Locomotiven, und sind so construirt, daß die Bewegungen, welche man bei den vorhin beschriebenen Maschinen durch den Bohrtisch ausführt, hier durch das Bohrgerüst ausgeführt werden können.

c) Das Bohrgerüst.

Das Gerüst der Bohrmaschinen muß so construirt sein, daß es stabil genug ist, und daß es in angemessener Weise die verschiedenen Theile des Mechanismus, sowie den Bohrtisch und das Arbeitsstück unterstützt. Die Bohrspindel ist stets über den Fuß des Gerüstes um ein gewisses Stück hervorgekragt, um Gegenstände von einiger Breite auf den Bohrtisch so placiren zu können, daß die Bohrspindel die richtige Stelle trifft.

Besondere Eigenthümlichkeiten bietet das Gerüst der gewöhnlichen Bohrmaschinen nicht, es ist bald in Form von Böcken, bald in Form von Säulen, von Ständern u. dergl. dargestellt. Dagegen erfordert das Bohrgerüst solcher Bohrmaschinen eine eigenthümliche Anordnung, welche ohne Bohrtisch construirt sind, und zum Bohren von Löchern in großen und umfangreichen Gegenständen dienen. Bei diesen Maschinen hat der Theil des Bohrgerüstes, welcher die Spindel trägt, nicht nur eine Verschiebung in vertikaler Richtung, sondern auch eine in horizontaler Richtung, und endlich gewöhnlich noch eine Drehbarkeit in horizontaler Ebene, also genau diejenige Bewegung, welche der zuletzt beschriebene Bohrtisch machen konnte.

Taf. **XXXIII.** Fig. 1, und Taf. **XXXIV.** zeigen Bohrmaschinen dieser Art. Die Bohrspindel befindet sich gewöhnlich bei derartigen Anordnungen mit ihrem Bewegungs-Mechanismus auf einem horizontalen Arm, und ist auf demselben in horizontaler Richtung verschiebbar; der Arm schließt sich mit dem einen Ende an eine vertikale Säule an, und ist um dieselbe drehbar. Hierdurch bekommt die ganze Construction Aehnlichkeit mit einem Krahne zum Heben von Lasten, und wegen dieser Aehnlichkeit nennt man dergleichen Maschinen „Krahnbohrmaschinen.“ — Die vertikale Verstellbarkeit hat gewöhnlich der Ausleger, d. i. der horizontale Arm, welcher die Bohrspindel trägt. Eine eigenthümliche Rücksicht ist bei diesen Maschinen auf die Uebertragung der Bewegung von der festen Hauptbetriebswelle der Werkstatt an die, ihren Ort verändernde Bohrspindel zu nehmen.

Wir wollen die Anordnung des Gerüstes der Krahnbohrmaschinen an den beiden hier mitgetheilten Beispielen erläutern.

Bei der Krahnbohrmaschine auf Taf. XXXIII. Fig. 1 ist die Bohrspindel mit ihrem Mechanismus in einem zusammenhängenden Gerüst A vereinigt, welches auf dem Ausleger B, dessen Wangen schwalbenschwanzförmige Führungen bilden (Fig. 1^f), horizontal gleitend verschiebbar ist. Diese Verschiebung wird, ähnlich den Supports bei Drehbänken durch die Leitschraube m, mit Hilfe der Kurbel m′ bewirkt. Der Ausleger B hat an dem einen Ende eine vertikale Umbiegung, deren Enden n und n′ in Zapfenlagern drehbar sind, die an einem vertikalen, klammerförmigen [Stück C befestigt sind, das sich mittelst schwalbenschwanzförmigen Coulissen vor der Vorderfläche des Hauptständers D vertikal verschieben läßt. Hierzu dient ein einfacher Mechanismus: an dem klammerförmigen Stück C ist nämlich eine Zahnstange o befestigt (in Fig. 1^b bei o punctirt, in Fig. 1^d bei o im Querschnitt sichtbar), in dieselbe greift das Getriebe p (Fig. 1^b punctirt, Fig. 1^i sichtbar), dessen Welle p′ mit Hilfe des auf derselben befestigten Schneckenrades q und mittelst der Schraube ohne Ender von der Kurbel r′ aus bewegt werden kann. Nun kommt es auf den Nachweis der Bewegungs-Uebertragung an die Bohrspindel an. Von der Hauptwelle der Werkstatt wird die Stufenscheibe s bewegt, deren Axe s′ in dem Gerüst D eine unveränderliche Lage hat; durch die konischen Räder t und t′ wird die Bewegung an die stehende Welle u′ übertragen, welche genau in der Drehaxe des Auslegers B liegt und an diesem befestigt ist; dreht man B um die Zapfen n und n′, so wird dadurch der Eingeiff der Räder t und t′ nicht gestört. Das Rad t ruht auf einem Ansatz des feststehenden Ständers D; hebt man das Stück C mit dem Krahnarm B, so schiebt sich die Welle u′ mittelst Nuth und Feder durch das Rad t′ hindurch. Von der Welle u′ wird mittelst der konischen Räder u und v die Bewegung an die Welle c′ übertragen; auch der Eingriff dieser Räder erleidet durch Drehung und Hebung des Armes B keine Störung.

Die Welle c′ überträgt durch die Räder c und b die Bewegung an die Bohrspindel a. Bei der Horizontal-Verschiebung des Stückes A ändert sich der Abstand der Räder c und v, und da beide auf der Welle c′ festsitzen, so muß sich diese Welle verlängern oder verkürzen, sie schiebt sich zu diesem Zwecke teleskopartig auseinander oder zusammen, wie dies die in Fig. 1^e bei c′ dargestellte Construction ergiebt.

Die auf Taf. XXXIV. dargestellte große Krahnbohrmaschine hat eine etwas verschiedene Anordnung des Bohrgerüstes. Auch hier ist die Bohrspindel mit den zugehörigen Bewegungstheilen in dem Stück A vereinigt, welches den Ausleger B klauenartig umfaßt und auf demselben horizontal gleitend verschiebbar ist, wozu die Schraube t mit der Kurbel t′ dient. Der Ausleger ist an die hohle, röhrenförmige Krahnsäule C angeschraubt, und dreht sich mit derselben gemeinschaftlich in den Lagern D D, welche an einer Wandplatte D′ befestigt sind.

Um die vertikale Verstellung der Krahnsäule mit dem Ausleger und der Bohrvorrichtung zu bewirken, ist die Krahnsäule C unterhalb des untern Lagers D verlängert, ihre untere Oeffnung ist mit einer Schraubenmutter u

geschlossen, und in dieser Schraubenmutter wirkt die hohle Schraubenspindel v. Dreht man diese Spindel, so muß sich die Schraubenmutter geradlinig verschieben, also die Krahnsäule C heben oder niederlassen, vorausgesetzt, daß die Schraubenmutter sich nicht selbst drehen könne.

Um dies zu verhindern, ist die Verlängerung in der Krahnsäule C mit einer Umhüllung C′ umgeben, welche auf der Fundamentplatte E feststehend angebracht ist, und der bequemen Aufstellung wegen aus mehreren Theilen zusammengesetzt ist (Fig. a b und c); die Umhüllung hat der Länge nach zwei Nuthen, in welche die Ansätze u′ u′ der Schraubenmutter einfassen, und so jede Drehung derselben verhüten. Die Krahnsäule C muß sich aber um die Mutter u frei drehen können; will man das Bohrgerüst heben, so dreht man die Schraubenspindel v mit Hilfe des darauf befestigten Rades w und des eingreifenden Getriebes w′. Dieses sitzt auf der Welle x, die auch das Schneckenrad x′ (Fig. c) trägt, und durch dasselbe mittelst der Schraube ohne Ende y durch eine bei y′ aufzusteckende Kurbel bewegt wird. Man kann die Hebung des Bohrgerüstes auch durch die Maschine selbst bewirken, wenn man die Rädchen z und z′ (Fig. f) in Eingriff bringt (wie die Zeichnung dies darstellt), und folglich die Schraube y durch die Triebwelle h in Bewegung setzt. — Der Bewegungs-Mechanismus der Bohrspindel wird von der Hauptwelle der Werkstatt aus in Bewegung gesetzt und zwar folgendermaßen: Die Welle c′ bekommt ihre Bewegung durch die konischen Räder d und d′, von denen letzteres auf einer, genau in der Axe der Krahnsäule liegenden, stehenden Welle e e′ befestigt ist. Diese stehende Welle trägt unten das Stirnrad f, welches im Eingriff mit dem Rade f′ auf der stehenden Welle g steht; sie bekommt ihre Bewegung durch die konischen Räder g′ und g″ von der liegenden Welle h, welche entweder mittelst der Stufenscheiben F unmittelbar von der Hauptwelle der Fabrik getrieben wird, oder, indem man die Verbindung zwischen der Stufenscheibe F und dem auf der Welle h befestigten Rade h′ löst und die Vorgelegsräder h′ h″ h‴ und h^{IV} in Thätigkeit setzt, mittelst Vorgelege bewegt wird, in der bereits in §. 97, S. 551 beschriebenen Weise. Bei der Horizontalverschiebung des Bohrgerüstes A auf dem Ausleger B nähern oder entfernen sich die konischen Räder c und d von einander; die Welle c′ besteht daher aus zwei Theilen, der eine ist hohl (Fig. a) und trägt das Rad d, der andere schiebt sich durch diesen hohlen Theil durch und trägt das Rad c. Die Vertikalverschiebung bedingt eine Aenderung in der Entfernung der Räder d′ und f; es ist hier eine ähnliche Construction gewählt; der obere Theil der stehenden Welle e ist hohl und trägt das Rad d′, der untere Theil e′ trägt das Rad f, er ist massiv und gestattet, daß sich der obere Theil bei einer Vertikalbewegung des Gerüstes verschieben darf. Eine Drehung des Krahns endlich erfolgt um die Axe der Welle e e′ und stört weder den Eingriff der konischen Räder d und d′ noch den Eingriff der Stirnräder f und f′.

Berechnung der Bohrmaschinen.

Die Berechnung der Bohrmaschinen erfolgt nach denselben Gesichtspunkten, wie die in §. 96. besprochene Berechnung der Drehbänke und die im

vorigen Paragraphen S. 583 gegebene Berechnung der Cylinderbohrmaschinen, wenigstens so weit die Geschwindigkeit der Drehung und der Vorschub des Werkzeugs in Betracht kommt.

Die Geschwindigkeit der äußeren Peripherie des Bohrers kann ungefähr dieselbe sein, welche wir auf S. 583 für die Cylinderbohrmaschinen festgestellt haben. Bezeichnet d den Durchmesser des Bohrers in Zollen, so würde sich die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute ergeben:

$$n = \frac{60}{\pi d} \cdot v$$

folglich nach den gemachten Annahmen:

für Stahl in runder Zahl . . . . . . $\frac{20}{d}$ bis $\frac{24}{d}$

„ Schmiedeeisen . . . . $\frac{38}{d}$ „ $\frac{60}{d}$

„ graues, weiches Gußeisen . . . $\frac{24}{d}$ „ $\frac{40}{d}$

„ weißes, hartes Gußeisen (Hartguß) $\frac{15}{d}$ „ $\frac{10}{d}$

„ Messing und Bronze . . . . . $\frac{80}{d}$ „ $\frac{120}{d}$

„ Holz . . . . $\frac{120}{d}$ „ $\frac{160}{d}$.

Der Vorschub des Bohrers während einer Umdrehung ist sehr verschieden, je nach der Schärfe des Bohrers und der Beschaffenheit des Materials; er pflegt wie bei den Cylinderbohrmaschinen zu betragen:

nicht weniger als	nicht mehr als
$^1/_{180}$ bis $^1/_{120}$ Zoll	$^1/_{36}$ bis $^1/_{24}$ Zoll
oder $^1/_{15}$ „ $^1/_{10}$ Linien.	$^1/_3$ „ $^1/_2$ Linien.

Bezeichnet im Allgemeinen δ den Betrag des Vorschubes während einer Umdrehung, n die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute, L die Länge der zu bohrenden Höhlung, d den Durchmesser derselben und t die Zeit, welche zur Bohrung erforderlich ist, so ergiebt sich nach einer ähnlichen Betrachtung wie auf S. 544 in §. 96

$$t = \frac{L}{n\delta} \text{ Minuten}; \ \delta = \frac{L}{nt}; \ n = \frac{L}{\delta t}$$

und die Geschwindigkeit $v = \frac{\pi d . n}{60} = 0{,}0524 \frac{dL}{\delta t}$.

Nach Beobachtungen in einer Geschützfabrik betrug z. B. beim Bohren eines gußeisernen Geschützes von 15 Zoll Durchmesser, die Anzahl der Umdrehungen pro Minute 1,4 und der Vorschub in einer Stunde 0,56 Zolle. Hieraus würde folgen:

$$\delta = {}^1/_{150} \text{ Zoll}; \ v = 1{,}1 \text{ Zoll}.$$

Beim Bohren eines Geschützes aus Bronze von 3,4 Zoll Durchmesser betrug bei 19 Umdrehungen in einer Minute der Vorschub in der Stunde 5,56 Zoll. Dies würde ergeben:

$$\delta = \frac{1}{205}; \; v = 3{,}39 \text{ Zoll}.$$

Nach andern Versuchen in derselben Fabrik betrug die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Bohrers:

in Gußeisen 76 Zoll pro Minute oder 1,267 Zoll pro Secunde.
in Bronze 256 „ „ „ „ 4,267 „ „ „

Der größte Druck P, welchen der Bohrer zu überwinden hat, bestimmt sich auch hier aus der Dicke des Spahns, welche dem Vorschube entspricht, und aus der Breite desselben, welche hier offenbar gleich dem Durchmesser der zu bohrenden Oeffnung ist. Nimmt man wieder das Bohren des Schmiedeeisens als Norm, so ergiebt sich, bei einer Schnittfestigkeit von 60000 Zollpfund, als Maximaldruck

$$P = \delta \,.\, d \,.\, 60000 = 2500 \, d \text{ Zollpfund, für } \delta = \frac{1}{24} \text{ Zoll}.$$

Dieser Druck, welcher von dem Widerstande des zu bohrenden Metalls herrührt, und den wir uns über die Schneide des Bohrers gleichmäßig vertheilt denken müssen, wird aber in den einzelnen Punkten der Schneide mit verschiedener Geschwindigkeit überwunden. Es läßt sich leicht zeigen, daß, wie bei der Reibung stehender Zapfen, der mittlere Hebelsarm dieses Druckes auf $\frac{2}{3}$ des Halbmessers, vom Centrum gerechnet, liegt; es ist daher der Weg, den dieser Druck bei einer Umdrehung zurücklegt, auch nur $\frac{2}{3}$ von der äußern Peripherie; wenn wir nun für Schmiedeeisen die größte Zahl von Umdrehungen pro Minute nach dem Obigen gleich $\frac{60}{d}$ setzen, so würde das Arbeitsmoment pro Secunde sich ausdrücken durch

$$P\,v = 2500 \, d \,.\, \frac{2}{3} \, \frac{\pi \,.\, d}{12} \cdot \frac{60}{d} \cdot \frac{1}{60} = 436{,}5 \, d \text{ Fußpfund},$$

oder wenn wir das Moment einer Pferdekraft gleich 480 Secunden = Fußpfund rechnen, so ist die Kraft, welche zum Betriebe einer Bohrmaschine erforderlich ist:

$$N = 0{,}91 \, d \text{ Pferdekräfte}.$$

Näherungsweise läßt sich daher die Regel aufstellen:

Eine Bohrmaschine bedarf zu ihrem Betriebe im Maximum, wenn man Schmiedeeisen darauf bohren will, beinahe so viel Pferdekräfte, als der Durchmesser des größten zu bohrenden Loches Zolle hat. Zum Bohren von Gußeisen und Bronze ist der Kraftbedarf etwas geringer.

Nach diesen Angaben lassen sich sowohl die Dimensionen der einzelnen Theile der Bohrmaschine, als der Mechanismus zur Uebertragung und Umformung der Bewegung berechnen.

§. 103.

Beschreibung einiger ausgeführter Bohrmaschinen zum Bohren aus dem Vollen.

Die auf den Tafeln XXXII. bis XXXIV. dargestellten Bohrmaschinen haben in ihren einzelnen Theilen schon bei Gelegenheit der in dem vorigen Paragraphen enthaltenen Betrachtungen ihre Beschreibung gefunden. Wir lassen daher hier nur eine kurze Zusammenstellung der Bedeutung der einzelnen Figuren und Buchstaben folgen.

Taf. XXXIII. Fig. 1 stellt eine kleine Bohrmaschine dar, welche in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Institutes zu Berlin seit Jahren mit Erfolg in Anwendung ist. Fig. 1^a ist die Seitenansicht, Fig. 1^b die Vorderansicht, Fig. 1^c die Ansicht der Grundplatte, Fig. 1^d die hintere Ansicht des Gerüstständers, Fig. 1^e der Horizontalschnitt nach der Linie g h in Fig. 1^a; Fig. 1^f ist die Betriebswelle, Fig. 1^g der Durchschnitt der Bohrspindel, Fig. 1^h der Fußständer für die Stellschraube des Bohrtisches; Fig. 1^i, 1^k, 1^l, 1^m und 1^n sind Details für den Mechanismus zur geradlinigen Bewegung der Bohrspindel; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Beschreibung der Bohrspindel nebst Zubehör ist auf S. 585, die des Bohrtisches auf S. 588 gegeben.

a ist die Bohrspindel; a′ das Ende, in welchem der Bohrer befestigt wird; b und c die konischen Räder zum Betrieb der Bohrspindel; b′ das Lager, in welchem das Rad b hängt; c′ die treibende Welle, d die treibende Stufenscheibe, e das obere Ende der Bohrspindel, f, f′ Schienen, um die Bohrspindel in die Höhe zu ziehen, g ein Hebel und h ein Gegengewicht zu gleichem Zwecke, i ist ein Schieber, welcher mittelst der Schraube i′ gegen den Kopf der Bohrspindel drückt, k ein Hebel, l eine Zugstange, m ein Tritthebel, um die Bohrspindel abwärts zu drücken; n ist der Bohrtisch, n′ n′ Schrauben zur Befestigung desselben, o eine Schraubenspindel zur Vertikalstellung, o′ deren Kopf und Handhabe, p der Fußständer mit der Mutter.

Taf. XXXII. Fig. 2 zeigt eine Bohrmaschine mit hohler eiserner Säule und mit Riemenbetrieb, nach Zeichnungen von Armengaud. Fig. 2^a ist die Seitenansicht, Fig. 2^b die Vorderansicht, Fig. 2^c der Vertikalschnitt, Fig. 2^d die obere Ansicht des Bohrtisches, Fig. 2^e ein Horizontalschnitt und Fig. 2^f zwei Vertikalschnitte desselben, Fig. 2^g ein Vertikalschnitt und ein Horizontalschnitt des obern Kopfes der Bohrspindel und der Druckschraube, Fig. 2^h Detailzeichnungen der Leitungsrollen.

Die Beschreibung der Bohrspindel mit dem zugehörigen Mechanismus findet sich auf Seite 586, die des Bohrtisches auf S. 588.

a ist die Bohrspindel, b die treibende Riemscheibe, b′ b″ sind zwei Leitrollen, c ist eine Klemmschraube zu deren Befestigung, d eine Kurbel, e und f Räder zur Bewegung der Druckschraube g; g′ der Zapfen, mit welchem dieselbe auf den Kopf der Bohrspindel drückt; h ist die Mutter der Druckschraube, i die Aufhängung der Bohrspindel an der Druckschraube, k ist eine Zahnstange zur Vertikalstellung

des Bohrtisches, l ein Getriebe und m eine Kurbel zu demselben Zweck, l′ ein Sperrrad und n ein Klinkhebel, um das Getriebe l festzustellen, o ist eine Klemmschraube zur Befestigung des Bohrtisches an der Säule und p eine Schraubenzwinge, um das Arbeitsstück auf dem Bohrtisch zu befestigen.

Taf. XXXIII. Fig. 1 zeigt eine Krahnbohrmaschine nach Zeichnungen von Armengaud. Fig. 1ᵃ ist die Seitenansicht, Fig. 1ᵇ die Vorderansicht, Fig. 1ᶜ die obere Ansicht, Fig. 1ᵈ ein Horizontalschnitt durch die erste Triebaxe, Fig. 1ᵉ ein Horizontalschnitt durch die Triebaxe des Auslegers, Fig. 1ᶠ ein Vertikalschnitt durch den Ausleger, Fig. 1ᵍ und 1ʰ sind Details des Mechanismus für die fortschreitende Bewegung der Bohrspindel, Fig. 1ⁱ die Vorrichtung zur Vertikalstellung des Auslegers. Sämmtliche Figuren in $\frac{1}{15}$ der natürlichen Größe.

Die Beschreibung der Bohrspindel findet sich auf S. 587, die des Gerüstes und der Uebertragung der Bewegung auf S. 590.

A ist das Bohrwerk, welches horizontal verschiebbar ist auf dem Ausleger B, C ist ein vertikaler Schieber, D der Hauptständer.

a ist die Bohrspindel, b und c konische Räder zum Betrieb derselben, c′ ist die Triebwelle des Auslegers, d der obere Theil der Bohrspindel, welche hier mit einem Schraubengewinde versehen ist; e und f sind Schraubenräder, welche in die Schraube der Bohrspindel eingreifen, e′ und f′ deren Wellen, g und h kleine Bremsscheiben, welche auf den Wellen e′ und f′ befestigt sind; i ein Hebel mit Schraube, um die Bremsscheiben anzupressen, k ein Ziehrad, um die Druckschraube, unabhängig von den Bremsscheiben, in Wirksamkeit zu setzen; l ein Hebel, l′ ein Gegengewicht, um die Bohrspindel in die Höhe zu ziehen; m ist eine Schraube, m′ eine Kurbel, um das Bohrwerk A auf dem Ausleger B horizontal zu verschieben; n und n′ sind die Drehzapfen des Auslegers in dem Schieber C; o ist eine Zahnstange, p ein Getriebe, p′ dessen Welle, q′ ein Schneckenrad, r eine Schraube ohne Ende, r′ deren Kurbel, sämmtlich zur Vertikalstellung des Auslegers dienend, s ist eine Stufenscheibe auf der ersten Triebwelle, s, t und t′ sind konische Räder zum Betriebe der stehenden Welle u′; u und v sind konische Räder zum Betriebe der liegenden Welle c′.

Taf. XXXIII. Fig. 2 zeigt eine im Königl. Gewerbe-Institut zu Berlin construirte Bohrmaschine mit dreifach beweglichem Bohrtisch und mit Rädervorgelege. Fig. 2ᵃ ist die Seitenansicht, Fig. 2ᵇ ein Vertikalschnitt mit Vorderansicht, Fig. 2ᶜ ein Horizontalschnitt durch den Bohrtisch, Fig. 2ᵈ ein Durchschnitt durch die Triebwelle, Fig. 2ᵉ eine obere Ansicht der Planscheibe des Bohrtisches, Fig. 2ᶠ ein Vertikalschnitt durch die Bohrspindel, und Fig. 2ᵍ Details der Führungsplatte für die Bohrspindel und der obern Platte, welche die Schraubenmutter enthält. Sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Beschreibung der Bohrspindel und ihres Mechanismus findet sich auf S. 586 und die des Bohrtisches auf S. 588.

a ist die Bohrspindel, b und c konische Räder zu deren Betrieb, c′ die erste Triebaxe, auf welcher die Stufenscheiben d befindlich sind; e ist ein Stirnrad, auf der Welle c′ befestigt, und bei e′ mit den Stufenscheiben zu kuppeln, f, g und h sind Vorgelegsräder, g′ die Vorgelegswelle; i ist die Druckschraube, k deren Mutter,

l eine Platte, welche sich zwischen den Führungsstangen l′ l′ bewegt, und mittelst des Zapfens m mit der Bohrspindel verbunden ist; n ein Stirnrad zur Bewegung der Schraubenmutter k, o das eingreifende Getriebe, o′ dessen Welle, p eine Kurbel zur Bewegung derselben, q und q′ sind kleine Stufenscheiben zur selbstthätigen Bewegung der Mutter k; r′ ist die Welle der getriebenen kleinen Stufenscheibe, durch welche die Schraube ohne Ende r und das auf der Welle o′ befindliche Schneckenrad s bewegt werden, — t ist die Planscheibe des Bohrtisches, t′ deren Zapfen, t″ die Hülse, in welcher derselbe drehbar ist, und t‴ eine Klemmschraube zur Feststellung; u ist ein consolartiger horizontaler Schieber, u′ die Bewegungsschraube desselben, und u″ das Ende zur Befestigung der Kurbel; v ist der Rahmen, in welchem sich der Schieber w bewegt, und welcher vertikal verstellbar ist mit Hilfe der Schraube ohne Ende w auf der Welle w′ mit der Kurbel w″. Die Schraube w greift in das Schneckenrad x, auf dessen Welle das Getriebe x′ sitzt, welches in die Zahnstange y eingreift, die an dem Gestell z fest ist.

Taf. XXXIV. zeigt eine große Krahnbohrmaschine aus der Fabrik von F. Wöhlert in Berlin. Dieselbe ist in genannter Fabrik in mehreren Exemplaren in der Kesselschmiede aufgestellt, in welcher die Feuerbuchsen für Locomotiven u. dergl. gemacht werden, und dient vorzugsweise, um die Kesselbleche zu bohren.

Fig. a ist ein Vertikalschnitt, Fig. b eine Seitenansicht, Fig. c eine Vorderansicht, Fig. d eine Ansicht der Krahnsäule, Fig. e ein Vertikalschnitt des Auslegers, Fig. f ein Horizontalschnitt durch die erste Betriebswelle, Fig. g ein Horizontalschnitt nach e f in Fig. a; Fig. h ist ein Detail des selbstthätigen Vorschubs der Bohrspindel, Fig. i obere Ansichten der Lager der Bohrspindel, Fig. k ein Horizontalschnitt der Krahnsäule nach der Linie g h in Fig. d. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{16}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Beschreibung der Bohrspindel und ihres Mechanismus ist auf S. 587 gegeben worden, und die des beweglichen Krahngerüstes, sowie der Transmission der Bewegung auf S. 590.

A ist das Bohrgerüst, welches auf dem Ausleger B horizontal verschiebbar und um die Krahnsäule C horizontal drehbar ist. C′ ist eine feststehende Umhüllung des untern Theils der Krahnsäule, D D sind die Lager, in welchen sich die Krahnsäule dreht, D′ eine in der Wand verankerte Mauerplatte, E die Fundamentplatte und F die treibende Stufenscheibe.

a ist die Bohrspindel, b und c sind konische Räder zu deren Betrieb, c′ ist die liegende Welle des Auslegers, d und d′ sind konische Räder zu deren Betrieb, e und e′ ist die aus einem hohlen und einem vollen Theile bestehende, in der Drehungsaxe des Krahnes befindliche stehende Welle, f ein Stirnrad auf derselben, f′ das eingreifende Getriebe auf der Welle g, welches durch die beiden konischen Räder g′ und g″ bewegt wird, h ist die erste liegende Triebaxe, auf welcher das Rad g″ und das Triebrad h′ befestigt sind. h″, h‴ und h^{IV} sind Vorgelegsräder, die nach Erfordern ein- und ausgerückt werden können; i ist die Druckschraube der Bohrspindel, k deren Mutter, l ist eine Fußplatte für die Druckschraube, welche zwischen den Stangen l′ und l″ geführt wird; m ist der Zapfen, mit welchem die Bohrspindel mit der Platte l zusammenhängt; n ist ein auf der Schrauben-

mutter k befestigtes Zahnrad, welches von dem Getriebe o auf der Welle o′ entweder mit der Hand vermöge der Kurbel p, oder selbstthätig von der Maschine bewegt wird, wenn man die kleinen Stufenscheiben q und q′ anwendet, von denen letztere auf der Welle r′ befestigt ist, und die Schraube ohne Ende r auf derselben Welle und mittelst dieser das Schneckenrad s treibt. s′ ist eine Zugstange, s″ ein Winkelhebel und s‴ wieder eine Zugstange, um die Welle r′ zur Seite zu drehen, wenn die Schraube ohne Ende r außer Eingriff des Rades s gebracht werden soll. — t ist eine Leitspindel, t′ die zugehörige Kurbel, um das Bohrgerüst A auf dem Ausleger B horizontal zu verschieben; u ist eine Schraubenmutter zur vertikalen Stellung der Krahnsäule C, u′ u′ sind Federn, welche die Drehung der Mutter u verhindern; v ist die Schraubenspindel der Schraubenmutter u, und w ein Stirnrad zur Bewegung der Schraubenspindel v; w′ ist ein eingreifendes Getriebe auf der stehenden Welle x, welche durch das Schneckenrad x′ und die Schraube ohne Ende y, entweder von y her mittelst einer Kurbel, oder durch die Rädchen z und z′ durch die Triebwelle der Maschine selbstthätig bewegt wird.

§. 104.

Darstellung der Schrauben.

Die Erzeugung von Schraubenspindeln und Schraubenmuttern spielt im praktischen Maschinenbau eine sehr wichtige Rolle. Die Art der Herstellung der Schraubengewinde ist nach dem Zweck und nach den Dimensionen derselben verschieden; im Allgemeinen kann man unterscheiden

a) Erzeugung der Schraubengewinde auf der Drehbank;

b) Erzeugung der Schraubengewinde durch Handarbeit mittelst Schneideeisen, Kluppen und Bohrer;

c) Erzeugung der Schraubengewinde mittelst besonderer Schraubenschneide-Maschinen.

a) Erzeugung der Schraubengewinde auf der Drehbank.

Diese Methode der Erzeugung der Schraubengewinde wird gewöhnlich nur für größere Schraubenspindeln angewandt, und da, wo eine besondere Genauigkeit für die erzeugte Schraube verlangt wird. Die zum Schraubenschneiden erforderlichen Einrichtungen an Drehbänken sind bereits in §. 98, S. 555 beschrieben worden. Die zu schneidende Schraubenspindel ist vorher genau auf den äußern Durchmesser des Gewindes abgedreht; sie wird zwischen die Spitzen der Drehbank eingespannt und mit Hilfe eines Mitnehmers in Umdrehung gesetzt; der Stichel, welcher gewöhnlich genau die Form des zwischen den Schraubengängen zu erzeugenden Zwischenraums hat, wird in dem Stichelhause befestigt, und dieses bekommt mit dem Support eine von der Rotation der Spindel abhängige geradlinige Bewegung. Hat der Stichel mit einem mäßig breiten Spahn einmal die Länge der Spindel durchlaufen, so zieht man ihn zurück, bewegt, ohne zu schneiden, den Support bis zum Anfangspunkt der Schraube zurück und beginnt einen zweiten Spahn zu schneiden. Dies Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis

die Gangtiefe weit genug ausgearbeitet ist. Um am Ende des Gewindes, falls dies nicht auch das Ende des Arbeitsstückes ist, die Gänge rein auszuschneiden, bohrt man in die Spindel eine radiale Oeffnung, deren Durchmesser gleich dem Zwischenraum zwischen den Gängen, und deren Tiefe gleich den Gangtiefen ist.

Die Schraubenmuttern werden in ähnlicher Weise auf der Drehbank geschnitten; man befestigt sie entweder auf der Planscheibe und schneidet die Gänge mittelst eines hakenförmig gebogenen Stichels aus, oder man wendet das Prinzip des Ausbohrens der Cylinder auf der Drehbank an (S. 579), indem man die Mutter auf dem Support befestigt und eine Bohrstange mit einem Schneidezahn versieht, der die Form der Schraubengänge der zugehörigen Schraubenspindel hat. Die Bohrstange rotirt, und die Mutter mit dem Support verschiebt sich geradlinig.

Schraubenmuttern von Bronze oder Messing für große Schraubenspindeln pflegt man zuweilen auch dadurch herzustellen, daß man zuerst die Schraubenspindel fertig macht und dieselbe als Kern in die Form für die Mutter einformt; die Mutter wird also gleich um die Schraubenspindel herumgegossen.

Eine andere Methode der Darstellung der Schrauben auf der Drehbank wird zur Erzeugung von Schrauben von Holz oder von Messing angewandt; man hat nämlich einen Stichel (Schraubenstahl), welcher den Querschnitt von etwa drei oder vier Schraubengängen darstellt; diesen drückt man gegen die abgedrehte Spindel, so daß die zahnförmigen Gewinde des Stichels sich in das Material eindrücken; setzt man die Spindel in Umdrehung, so bildet sich sofort ein Gewinde von mäßiger Tiefe, welches den Stichel fortführt; ist derselbe am Ende der Schraube angelangt, so zieht man ihn zurück, setzt ihn wieder am Anfange ein, und schneidet so allmählich das Gewinde tiefer aus. Die Muttern können in ähnlicher Weise geschnitten werden. Den Stichel regiert man mit der Hand.

Auch das Schneiden von Schneckenrädern auf der Drehbank geschieht in ähnlicher Weise. Zuerst stellt man ein Werkzeug her, welches die Form der Schraube ohne Ende hat, die in das Schneckenrad eingreifen soll, dieses versieht man mit Einschnitten nach Art der Gewindebohrer (siehe weiter unten), und legt es in Lager, so daß es das abgedrehte und an seiner Peripherie mit einer flachrunden Nuth versehene Schneckenrad berührt. Das Schneckenrad ist auf einer Axe befestigt und kann sich frei drehen; die schneidende Schraube wird mit einem gewissen Druck angepreßt und gedreht, es schneiden sich dann die Gewinde der Schraube in die Peripherie des Schraubenrades ein, wobei dasselbe mit in Umdrehung gesetzt wird. Die Operation wird so lange fortgesetzt, bis die Gewinde tief genug ausgeschnitten sind.

b) Erzeugung der Schraubengewinde durch Handarbeit mittelst Schneideeisen, Kluppen und Bohrer.

Befestigungsschrauben, Schraubenbolzen und überhaupt fast alle Schrauben von mäßigem Durchmesser (bis etwa zwei Zoll) und von mäßiger Länge werden mit Hilfe von eigenthümlich construirten Werkzeugen hergestellt. Diese Werkzeuge

sind verschieden, je nachdem es sich um die Darstellung von Schraubenspindeln oder von Schraubenmuttern handelt.

1) Darstellung der Schraubenspindeln durch Handarbeit.

Die am häufigsten im Maschinenbau angewandte Methode zur Erzeugung von Schraubengewinden für Befestigungsschrauben und Schraubenbolzen aller Art, ist das Schneiden derselben mittelst eines Muttergewindes. Dieses Muttergewinde ist entweder in eine Platte eingeschnitten und mit Einkerbungen versehen, so jedoch, daß es in seinem Aeußern eine feste Begrenzung darstellt, oder es besteht aus einzelnen (zwei bis vier) Segmenten, die sich gegeneinander verschieben lassen, in der Art, daß beim Beginn des Schraubenschneidens sie weiter auseinander gerückt sind, und im Verlauf der Operation allmählig so weit zusammengeschoben werden, als die Gangtiefe erfordert. Die erste Anordnung nennt man ein Schneideeisen, die andere eine Schneide- oder Schrauben-Kluppe.

Das Schneiden der Schrauben mittelst Schneideeisen ist mit einiger Genauigkeit nur für Schrauben von geringerem Durchmesser anwendbar. Man vereinigt mehrere solcher Muttergewinde für Schrauben von verschiedenen Durchmessern in einer Platte; jedes Muttergewinde enthält etwa 3 bis 5 Schraubengänge, und folglich ist die Höhe der Höhlung für Schrauben von verschiedenen Durchmessern verschieden; deshalb ist auch die Platte von verschiedener Dicke.

Taf. XXXVI. Fig. 7 zeigt ein englisches Schneideeisen in $^1/_2$ der natürlichen Größe, Fig. 7^a ist die obere Ansicht, Fig. 7^b der Durchschnitt.

Man bedient sich der Schneideeisen auch zum Nachschneiden von Gewinden, welche mit der Kluppe ausgearbeitet sind; man bekommt dadurch die einzelnen Schrauben gleichförmiger, und wendet zu diesem Zweck Schneideeisen für Schrauben bis zu $1\,^1/_2$ Zoll Durchmesser an.

Schrauben von mehr als $^1/_8$ Zoll Durchmesser werden gewöhnlich mit der Kluppe geschnitten. Eine Kluppe besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen:

a) den Schneidebacken;
b) dem Rahmen mit den Handhaben (der eigentlichen Kluppe);
c) dem Mechanismus, die Schneidebacken zu verschieben.

Man hat eine große Anzahl von Modifikationen in der Construction dieser einzelnen Theile, und in der Art ihrer Zusammensetzung zu einer Schraubenkluppe. Wir wollen hier die wichtigsten dieser Anordnungen beschreiben.

Taf. XXXVI. Fig. 5 zeigt eine Kluppe zum Schneiden kleiner Schraubengewinde bis zu $^3/_8$ Zoll Durchmesser, wie sie in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin in Anwendung ist. Fig. 5^a ist die obere Ansicht, Fig. 5^b ein Längenschnitt, Fig. 5^c und 5^d sind zwei Ansichten der Schneidebacken, und Fig. 5^e eine Ansicht der Deckplatte, welche in Fig. 5^a fehlt; sämmtliche Figuren sind in $^1/_2$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Backen a a′ sind nach unten hin verjüngt, sie werden von oben in den Rahmen b eingelegt und darüber deckt man die Platte c, indem man die Oeffnungen d d der Platte über die Köpfe der Schrauben d′ d′ schiebt, und nun die

Platte so verrückt, daß die Schlitze d″ d″ die Schrauben d d umfassen; zieht man nun die Schrauben d d fest an, so sind die Backen gegen Verschiebung in der Axe der zu schneidenden Schraube gesichert. Durch Anspannen der Schraube e wird die Backe a′ gegen die zu schneidende Schraubenspindel gepreßt.

Andere Schraubenkluppen zum Schneiden kleinerer Schrauben, und zwar ebenfalls aus der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin, sind auf Taf. XXXVI. in Fig. 4, 6 und 8 dargestellt.

Fig. 4 auf Taf. XXXVI. ist eine sogenannte Klemm- oder Scharnierkluppe; Fig. 4^a ist die obere Ansicht, Fig. 4^b die Vorderansicht, nach Fortnahme des Handgriffs und des vordern Schenkels; Fig. 4^c ist die Zwinge. Die Figuren sind in $^1/_4$ der natürlichen Größe gezeichnet. Diese Kluppe wird zum Schneiden feinerer Gewinde angewandt; a a′ sind die Schneidebacken, welche mit Hilfe der Schraubenzwinge b gegeneinander gepreßt werden können; die Stellschraube c hat den Zweck, zu verhüten, daß man die Backen zu weit einander nähert.

Fig. 6 auf Taf. XXXVI. ist eine Kluppe zum Schneiden kleiner Gewinde, wie sie oft die Uhrmacher brauchen. Fig. 6^a ist die obere Ansicht, Fig. 6^b der Durchschnitt, beide in $^1/_4$ der natürlichen Größe. Die Backen sind herausgenommen. Man braucht diese Kluppe auch beim Schneiden auf der Drehbank für längere Schraubenspindeln von geringem Durchmesser. Die Spindel bekommt rotirende Bewegung und die Kluppe wird auf der Spindel mit der Hand fortgeleitet, indem sich das Gewinde einschneidet.

Fig. 8 auf Taf. XXXVI. ist eine Kluppe zum Schneiden hölzerner Gewinde. Fig. 8^a ist die Ansicht von der Seite, Fig. 8^b die Ansicht von oben, ohne den Deckel, Fig. 8^c ist der Deckel in besonderer Ansicht, Fig. 8^d und 8^e sind zwei Ansichten des Schneidezahnes, Fig. 8^f und 8^g sind Zeichnungen des zugehörigen Schraubenbohrers; sämmtlich in $^1/_4$ der natürlichen Größe. Die Kluppe besteht aus dem Untertheil a und dem Deckel b, welcher mittelst 4 Schrauben c c auf dem Untertheil befestigt wird, nachdem das Messer d nach Art eines Hobeleisens eingelegt, und mittelst des vertikalen Keils e, der eine Zugschraube e′ hat, befestigt worden ist; f ist eine Oeffnung, durch welche die Spähne entweichen. Der Bohrer Fig. 8^f ist hohl und die Spähne entweichen durch die Oeffnungen g g nach Innen.

Kluppen zum Schneiden von Gewinden über $^3/_8$ Zoll sind auf Taf. XXXVI. in Fig. 1 bis 3 dargestellt, und zwar nach den Originalen, welche in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch sind.

Die einfachste Anordnung zeigt die in Fig. 2 auf Taf. XXXVI. dargestellte Kluppe. Fig. 2^a ist die obere Ansicht, Fig. 2^b die Längenansicht, Fig. 2^c eine Ansicht der Deckplatte. Die Einrichtung ist sehr ähnlich wie bei der in Fig. 5 dargestellten Kluppe, und bedarf keiner weitern Beschreibung; die Kluppe wird für Gewinde von $^5/_8$ bis 1 Zoll Durchmesser benutzt; die Figuren sind in $^1/_2$ der natürlichen Größe gezeichnet.

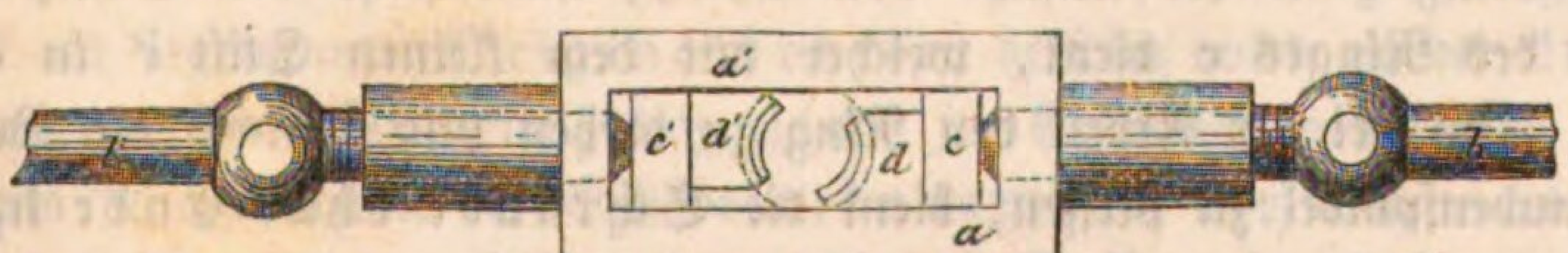
Die gewöhnliche Construction der Kluppen, wie sie Fig. 2 und Fig. 5 zeigt, hat den Uebelstand, daß durch die Pressung der Schneidebacken das Metall der zu

schneidenden Schraube mehr gequetscht und gedrückt, als geschnitten wird; in Folge dieses Uebelstandes erscheint nicht selten die Schraube nach der Vollendung im Durchmesser vergrößert und gestaucht. Man hat diesem Uebelstande durch eine günstigere Lage der Backen abzuhelfen gesucht, und die ersten Verbesserungen an den Kluppen sind in dieser Beziehung von Bodmer in London gemacht worden.

Taf. XXXVI. Fig. 3 zeigt eine solche Bodmer'sche Schraubenkluppe für Schrauben von $^3/_8$ bis $^7/_8$ Zoll Durchmesser, in $^1/_2$ natürlicher Größe. Fig. 3^a stellt die obere Ansicht der Kluppe, jedoch ohne die Schneidebacken und ohne die Deckplatte dar, Fig. 3^b giebt einen Vertikal-Längenschnitt der Kluppe mit eingelegten Backen und mit der Deckplatte, Fig. 3^c zeigt den einen Arm der Kluppe, welcher besonders eingelegt wird, Fig. 3^d die Deckplatte, Fig. 3^e und 3^f zeigen die Schneidebacken. Die Kluppe besteht im Ganzen aus 6 einzelnen Haupttheilen: dem Rahmen, zwei Armen, zwei Backen und einer Deckplatte. Zunächst ist der Rahmen a ein besonderes Stück, das aus zwei Schenkeln a′ a″ gebildet ist, die an dem Ende a zusammenhängen, und hier eine Schraubenhülse bilden; in diese Schraubenhülse wird der eine der beiden Windearme b eingeschraubt, während der andere Arm c wieder aus zwei Theilen bestehend zwischen die beiden Schenkel a′ und a″ eingelegt wird; der eine dieser beiden Theile ist eine Schraubenhülse c′, der andere Theil c″ ist in dieselbe eingeschraubt. Von den beiden Schneidebacken e und f (Fig. 3^e und 3^f) ist die eine e etwa doppelt so breit als die andere, sie wird bei e′ in den Rahmen eingelegt, und kann, indem man noch ein Futter dahinter stellt, von dem Ende des Armes b, wenn man selbigen durch seine Schraubenhülse weiter durchschraubt, ein wenig vorgeschoben werden; die andere Schneidebacke f wird bei f′ zwischen das klauenförmige Ende der Schraubenhülse c′ eingelegt; dreht man den Arm c″ um seine Axe, so schraubt er sich weiter hinein und preßt gegen die Backe f. Ist die Kluppe so weit zusammengestellt, so schiebt man den Deckel d zwischen die coulissenartigen Leisten d′d′ des Rahmens a ein, und befestigt denselben mittelst der Schraube d″. Die Backe f soll bei dieser Bodmer'schen Kluppe vorzugsweise den schneidenden Zahn bilden und das Gewinde vorschneiden, während die breitere Backe e zum Nachschneiden und Fertigmachen des Gewindes dient. Während der Arbeit des Schraubenschneidens braucht der Arbeiter nur den Arm c″ um seine Axe zu drehen, wenn er die Backen fester gegen die Schraubenspindel anspannen will.

Eine etwas andere Anordnung einer Kluppe mit zwei Backen, die so gestellt sind, daß sie mehr schneidend als quetschend auf die Schraubenspindel

(101)



wirken, zeigt der obenstehende Holzschnitt 101. a und a′ sind die Seitenwände des Rahmens, in welchen die Arme b und b′, wie bei der Bodmer'schen Kluppe, so eingeschraubt sind, daß sie zugleich zum Nachspannen der Backen dienen können,

c und c′ sind zwei Zwischenlegeplatten, welche genau passend zwischen den Seitenwänden des Rahmens beweglich sind; die Backen d d′, welche sich an diese Platten ansetzen und die übrigens in gewöhnlicher Weise durch Deckplatten oben und unten begrenzt sind, haben dagegen gegen die Seitenwände a und a′ an entgegengesetzten Seiten einigen Spielraum, und sind also nach der Quere beweglich. Hierdurch soll bewirkt werden, daß wenn man die Backen an die Schraubenspindel anpreßt, und diese nun dreht, die eine Kante der Backen sich schärfer eindrückt als die andere, und so ein allmähliges und schärferes Ausschneiden des Gewindes herbeiführt.

Die wesentlichsten Verbesserungen in der Construction der Schraubenkluppen sind von dem englischen Mechaniker Whitworth gemacht worden, von welchem auch die Gewindeskala herrührt, die eine allgemeine Uebereinstimmung in dem Verhältnisse der Schrauben angebahnt hat *). Die von Whitworth construirten Schraubenkluppen haben drei Schneidebacken; sie werden in zwei verschiedenen Anordnungen dargestellt; die ältere Construction ist nach einem in der Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts befindlichen Exemplar auf Taf. XXXVI. in Fig. 1; die neuere Construction giebt der Holzschnitt 102.

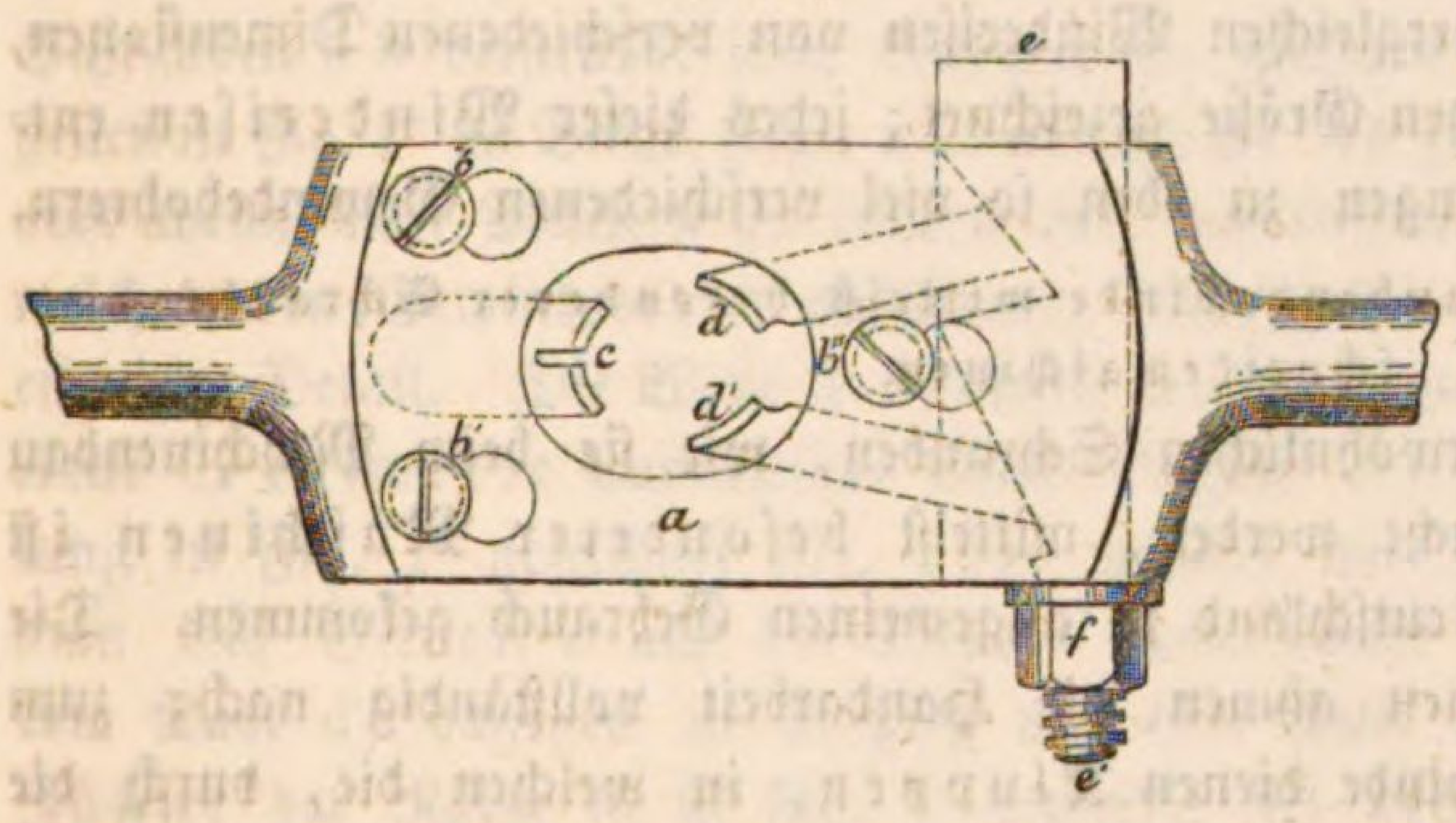
Taf. XXXVI. Fig. 1 zeigt die ältere Whitworth'sche Schraubenkluppe, in Fig. 1[a] in der obern Ansicht, in Fig. 1[b] im Vertikal-Längenschnitt, in Fig. 1[c], 1[d], 1[e], 1[f], 1[g], 1[h], 1[i], 1[k] und 1[l] in verschiedenen Details; sämmtliche Figuren sind in $^1/_4$ der natürlichen Größe gezeichnet; a a′ a″ sind die drei Schneidebacken, sie sind zwischen drei Kloben b b′ b″ eingepaßt, und lassen sich zwischen denselben radial verschieben; die Kloben mit den Schneidebacken sind umschlossen von einem Ringe c (Fig. 1[i] besonders gezeichnet), welcher an seiner innern Peripherie drei excentrische Einschnitte hat. Dreht man den Ring c, so daß die tiefsten Stellen dieser Einschnitte hinter den Schneidebacken liegen, so kann man diese am weitesten auseinander schieben, nämlich so weit, bis die Hinterkanten der Schneidebacken bis zum tiefsten Punkte der Ausschnitte hineinreichen, indem man nun aus dieser Stellung den Ring herumdreht, schieben die schrägen Flächen desselben die Schneidebacken nach Innen, bis der Ring in die Stellung kommt, welche Fig. 1[a] zeigt, und wobei die Backen am weitesten einwärts geschoben sind. Die Kloben b b′ b″ sind auf eine Scheibe d genietet, welche Fig. 1[g] besonders darstellt; sie sind sodann mit den Schneidebacken und dem Ringe c zusammen in die, der äußern Peripherie des Ringes genau entsprechende Ausbohrung der eigentlichen Kluppe e, an welcher sich die Arme f befinden, hineingesteckt, und werden mittelst des Ringes g, der in bekannter Weise durch Schrauben befestigt ist (vergl. S. 599) festgehalten. Fig. 1[h] zeigt den Ring g in der Ansicht von unten; man sieht den Schlitz i, der zur Führung des Ringes c dient, welcher mit dem kleinen Stift i′ in den Schlitz eingreift. Um bei der Arbeit den Ring zu drehen und dadurch die Backen gegen die Schraubenspindel zu pressen, dient die Schraube ohne Ende h, welche in die Schneckenzähne eingreift, mit welchen der Ring c an der äußern Peripherie versehen ist. Diese Schraube h ist in Fig. k und l in zwei Ansichten detailirt; sie liegt in einem viereckigen Ausschnitt der Kluppe, und wird von einem kleinen

*) Vergl. Masch. Thl. I. S. 63.

Bügel k umfaßt (Fig. 1e besonders gezeichnet); mit diesem Bügel zusammen schiebt man die Schraube h in den Schlitz und steckt dann die Axe l von der Seite hindurch. Fig. 1c und 1d zeigt diese Axe in zwei Ansichten; sie ist da, wo sie die Schraube h durchdringt, von sechsseitigem Querschnitt, so daß die Schraube mit in Umdrehung gesetzt wird, wenn man die Axe l dreht. Fig. 1f ist eine Detailzeichnung der Schneidebacke.

Die neuere Whitworth'sche Schraubenkluppe zeigt der Holzschnitt 102.

(102)



Auch hier enthält die Kluppe a, auf welcher die Deckplatte durch die drei Schrauben b, b' b'' befestigt ist, drei Schneidebacken, es ist aber die eine derselben c feststehend, während die beiden andern d und d' verschiebbar sind.

Die Richtungen der Verschiebung sind jedoch nicht central, sondern sie schneiden sich hinter der Axe der Schraube unweit der feststehenden Backe. Ein Keil e, welcher mit schrägen, in der Figur punktirten Flächen hinter den Backen liegt, kann durch die Schraube e' mit Hilfe der Schraubenmutter f angezogen werden, und preßt so die Backen einwärts. Auch hier sollen, wie bei der Bodmer'schen Kluppe, die beiden Backen d d' zum Vorschneiden, und die feste Backe c zum Nachschneiden und zur Führung des Gewindes dienen.

2) Darstellung der Schraubenmuttern durch Handarbeit.

Die Darstellung der Schraubenmuttern durch Handarbeit geschieht mittelst sogenannter Gewindebohrer, oder Schraubenbohrer. Dies sind stählerne Schraubenspindeln, deren Gewinde theils durch Einkerbungen, theils durch Anfeilen ebener Flächen mit Schneidekanten versehen sind. Man hat dergleichen Gewindebohrer von mannigfacher Gestalt. Taf. XXXVI. zeigt einige Formen derselben, wie sie in der Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch sind.

Taf. XXXVI. Fig. 12, 13 und 14 zeigt einen Satz Schraubenbohrer in $1/2$ natürlicher Größe. Der Bohrer Fig. 12 dient zum Vorschneiden des Gewindes; nachdem die Schraubengänge sich vorläufig markirt haben, wird mit dem Schraubenbohrer 13 nachgeschnitten und das Gewinde fertig gemacht. Fig. 14 ist ein sogenannter Originalbohrer; derselbe wird zu der Anfertigung der Schraubenmuttern für gewöhnlich nicht in Gebrauch genommen, er dient vielmehr zum Nachschneiden der Schneidebacken für die Schraubenkluppen und um von Zeit zu Zeit wieder richtige Backen und Bohrer herzustellen.

Taf. XXXVI. Fig 15 und 16 sind Gewindebohrer nach Bodmer'scher Construction, Fig. 16 dient zum Vorschneiden, Fig. 15 zum Nachschneiden des Gewindes; beide Figuren sind in $1/2$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Um eine Mutter zu schneiden, muß zuerst eine Oeffnung gebohrt werden, deren Durchmesser genau dem Durchmesser des Kernes der Schraube entspricht. Um diesen Durchmesser leicht zu finden, besitzt jeder Gewindebohrer oben einen cylindrischen Theil, dessen Durchmesser genau den Durchmesser der zu bohrenden Oeffnung angiebt.

Die Gewindebohrer haben oben gewöhnlich einen quadratischen Kopf, der in die Oeffnung eines Hebels, des sogenannten Windeeisens gesteckt wird, um so den Bohrer beim Schneiden drehen zu können. Taf. XXXVI. Fig. 9, 10 und 11 zeigen mehrere dergleichen Windeeisen von verschiedenen Dimensionen, sämmtlich in $^1/_2$ der natürlichen Größe gezeichnet; jedes dieser Windeeisen enthält drei verschiedene Oeffnungen zu eben so viel verschiedenen Gewindebohrern.

c) Erzeugung der Schraubengewinde mittelst besonderer Schraubenschneidemaschinen.

Die Anfertigung der gewöhnlichen Schrauben, wie sie beim Maschinenbau in so großer Menge gebraucht werden, mittelst besonderer Maschinen ist erst seit einigen Jahren in Deutschland in allgemeinen Gebrauch gekommen. Die hierzu erforderlichen Maschinen ahmen die Handarbeit vollständig nach; zum Schneiden der Schraubengewinde dienen Kluppen, in welchen die, durch die Maschine in rotirende Bewegung gesetzten Schraubenspindeln geschnitten werden, während die Kluppen zwischen Führungen fortrücken; zum Bohren der Muttern dienen Bohrer, welche durch die Maschine in Umdrehung gesetzt werden. Taf. XXXV. Fig. 4 und Taf. XXXVII. Fig. 1 zeigen dergleichen Maschinen, deren Beschreibung wir im nächsten Paragraphen folgen lassen.

Man hat aber nicht allein damit sich begnügt, die Schrauben- und Muttern-gewinde durch Maschinen zu schneiden; man hat auch die Schraubenköpfe und die äußere Fläche der Schraubenmuttern durch Maschinen genauer und richtiger, als es durch Handarbeit geschehen kann, dargestellt. Dies geschieht mittelst Fraisen.

Die Schraubenköpfe und Schraubenmuttern haben gewöhnlich die Gestalt vier- oder sechsseitiger Prismen von geringer Höhe; die Grundflächen dieser Prismen bearbeitet man auf der Drehbank, die Seitenflächen dagegen auf Muttern-Fraisemaschinen, entweder jede Fläche einzeln, oder je zwei parallele Flächen gleichzeitig.

Eine Maschine zur Bearbeitung der Seitenflächen der Muttern und Köpfe einzeln und nacheinander ist bereits auf S. 575 beschrieben worden, es ist die auf Taf. XXXI. Fig. 2 dargestellte Drehbank; eine andere Fraisemaschine, welche gleichzeitig je zwei parallele Seitenflächen bearbeitet, ist auf Taf. XXXVII. in Fig. 2 dargestellt, und soll im folgenden Paragraphen beschrieben werden.

§. 105.

Beschreibung einiger ausgeführter Maschinen zum Schraubenschneiden und zum Muttern-Fraisen.

Die auf Taf. XXXVII. in Fig. 1 dargestellte Maschine zum Schraubenschneiden ist in der Maschinenfabrik von Freund in Berlin in An-

wendung; Fig. 1ᵃ zeigt einen vertikalen Durchschnitt, Fig. 1ᵇ eine Ansicht von vorn, Fig. 1ᶜ eine obere Ansicht, Fig. 1ᵈ einen vertikalen Querschnitt, Fig. 1ᵉ eine Ansicht des Lagerbockes für die erste Betriebswelle, Fig. 1ᶠ einen Durchschnitt durch die Vorgelegswelle, Fig. 1ᵍ einen theilweisen Durchschnitt durch das Bett, Fig. 1ʰ, 1ⁱ, 1ᵏ, 1ˡ sind Details des Schneidewerkes; sämmtliche Figuren sind in $^1/_{16}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die hohle Welle A ist die letzte arbeitende Welle, sie trägt an dem einen Ende eine Art Planscheibe B, welche mit zwei Klammern a a, die durch Schrauben b b verstellbar sind, versehen ist; zwischen diesen Klammern, deren Construction Fig. 1ʰ im Detail zeigt, wird der Kopf des zu schneidenden Bolzens, oder wenn man Muttern zu bohren hat, das besonders construirte Windeeisen, welches den Gewindebohrer aufnimmt, festgespannt. Fig. 1ⁱ zeigt dieses Windeeisen im Detail. Die Welle A bekommt ihre Bewegung von der zweiten Betriebswelle C, entweder unmittelbar durch Eingriff der Räder c und d (welche Stellung in Fig. 1ᵇ gezeichnet ist), oder mittelst der Vorgelegewelle D, wenn man das Getriebe c auf der Welle C zurückschiebt und es außer Eingriff mit dem Rade d, dagegen in Eingriff mit dem Rade e bringt. Die Anzahl der Zähne der Räder ist in Fig. 1ᶜ bemerkt; bei einfachem Vorgelege durch Eingriff der Räder c und d macht die arbeitende Welle A

$$\frac{15}{65} = \frac{1}{4\,^1/_3} \text{ Umdrehungen,}$$

während die Welle C eine Umdrehung macht, und bei doppeltem Vorgelege macht die Welle A

$$\frac{15}{58} \cdot \frac{19}{65} = \frac{1}{13{,}225} \text{ Umdrehungen,}$$

während die Welle C eine Umdrehung macht. Die Bewegung wird an die Welle C mittelst der Stufenscheiben g und h von der Welle D aus übertragen, auf welcher letztern sich eine feste i und zu jeder Seite derselben eine lose Riemscheibe (k und k′) befinden. Auf der Hauptwelle der Werkstatt sitzt eine Riemtrommel, welche einen offenen und einen gekreuzten Riemen nach der Welle D sendet; nur einer von beiden ist auf der festen Riemscheibe i, während der andere auf der daneben befindlichen losen Riemscheibe k oder k′ läuft. Durch eine Schiebestange l mit den Riemenführern m und m′ kann mittelst des Rückhebels n und der Handhabe n′ der Arbeiter bald den offenen, bald den gekreuzten Riemen auf die feste Scheibe i bringen, und so die Maschine bald in dem einen, bald im entgegengesetzten Sinne rotiren lassen.

Vor der Planscheibe B befindet sich ein trogförmiger Behälter E, welcher zugleich das Bett der Maschine bildet, und welcher in Fig. 1ᵍ besonders im Durchschnitt gezeichnet ist. Dieser nimmt das Oel, welches beim Schraubenschneiden zugleich mit den Spähnen ausfließt, auf; er dient aber auch mit seinen beiden Nuthen dem Werkzeug zur Führung, welches, wenn Schraubenbolzen geschnitten werden, aus einer Kluppe, und wenn Muttern gebohrt werden, aus einem Mutternhalter besteht. Die Kluppe ist in Fig. 1ⁱ besonders dargestellt, den Mutternhalter zeigt Fig. 1ᵏ. Die Ansätze p und p′, welche zur Führung in

den Nuthen o o′ dienen, dürfen nicht genau passend sein, damit sie den Ungenauigkeiten, welche durch das Anspannen nur einer Schneidebacke der Kluppe entstehen, nachgeben können. Die Welle D macht 60 Umdrehungen in einer Minute.

Die auf Taf. XXXV. in Fig. 4 gezeichnete Maschine zum Schraubenschneiden unterscheidet sich von der vorigen dadurch, daß sie vier Arbeitsstellen hat, während die andere nur eine hatte, es ist eine sogenannte doppelte Schraubenschneide-Maschine. *) Fig. 1ᵃ ist eine Seitenansicht, Fig. 1ᵇ ist eine obere Ansicht, Fig. 1ᶜ eine Ansicht von einem Ende; die Zeichnungen sind in $1/_{18}$ der natürlichen Größe dargestellt.

Das Bett A der Maschine und der Fuß B sind in einem Stück gegossen; die Stufenscheibe C, welche zum Betriebe der Maschine dient, ist in der Nähe des Mittelpunktes derselben angebracht, und trägt ein Getriebe D mit 15 Zähnen, welches mit dem Zahnrade E von 56 Zähnen im Eingriff steht; dasselbe ist auf der kleinern Arbeitswelle F befestigt, so daß diese $\frac{1}{3,73}$ Umdrehungen macht, während die Stufenscheibe C sich einmal umdreht. Auf der Welle F sitzt ein zweites Getriebe G mit 18 Zähnen, welches in das Rad H auf der stärkern Arbeitswelle J in Eingriff steht; letzteres hat 72 Zähne, so daß die Welle J $1/_4$ Umdrehungen macht, während die Welle F eine Umdrehung vollendet. In Fig. 4ᶜ sind die Köpfe k k der beiden Arbeitswellen F und J sichtbar, welche quadratische Einschnitte haben, um die Gewindebohrer zum Mutternbohren darin zu befestigen. Die andern Enden haben nach Art der Planscheiben Klammern, die durch Schrauben angezogen werden können, und dienen zur Befestigung der Bolzenköpfe, wenn man Schraubenspindeln schneiden will. Die Umdrehung der Wellen F und J kann mittelst der Handhaben M sowohl rückläufig gemacht, als auch ganz aufgehoben werden, indem man mittelst der Handhaben M den Rückhebel N bewegt, welcher die Riemen auf der treibenden Welle in ähnlicher Weise, wie in der vorhin beschriebenen Figur regiert. Die erste treibende Welle, welche bei der vorigen Maschine unten liegt, und mit D bezeichnet war, liegt nämlich hier an der Decke der Werkstatt, und ist nicht mitgezeichnet, sie enthält eine Stufenscheibe, welche mit der Scheibe C correspondirt, und eine feste mit zwei losen Riemscheiben zur Aufnahme eines offenen und eines gekreuzten Riemens.

Wir haben nun noch nach den Andeutungen des vorigen Paragraphen (S. 604) die Mutternfraisemaschine auf Taf. XXXVII. Fig. 2 zu beschreiben, welche zwei parallele Seiten der Schraubenmutter gleichzeitig schneidet. Fig. 2ᵃ ist die Vorderansicht, Fig. 2ᵇ die Seitenansicht, beide in $1/_{16}$ der natürlichen Größe, Fig. 2ᶜ ist ein Vertikalschnitt durch die Axe der beiden Fraisen, und Fig. 2ᵈ die Vorrichtung zur Aufnahme der zu fraisenden Bolzenköpfe und Muttern, beide in doppeltem Maaßstab ($1/_8$ der natürlichen Größe); a und a′ sind zwei parallele Fraisen, welche auf der Welle b befestigt sind, auf den verlängerten Naben derselben sind die Räder c c′ festgekeilt. Um nach dem Durch-

*) Vergl. The Engineer and Machinist's Assistant.

messer der zu bearbeitenden Muttern der Fraisen, welche an den Rädern der Naben angeschraubt sind, näher oder weiter von einander stellen zu können, sind diese Naben mit Muttergewinden, und die Axe b mit Rechts- und Links-Schraubengewinden versehen; man braucht also nur die Axe zu drehen, und die Räder festzuhalten, um die Verstellung zu bewirken; nachdem dies geschehen, klemmt man die Naben mittelst den Klemmschrauben d d′ und der Futter e e′ fest. Die Zapfenlager der Welle b sind so eingerichtet, daß man die Welle gegen jede seitliche Verschiebung sicher stellen kann. Die Bewegung der Welle erfolgt durch die Getriebe f und f′, welche auf der Welle g befestigt sind, und die Welle g wird mittelst der Riemscheibe h von der Hauptwelle getrieben; h′ ist eine Losscheibe, auf welche der Riemen geschoben wird, wenn die Maschine still stehen soll.

Der Bolzen, dessen Kopf gefraist werden soll, wird in den Cylinder i hineingeschoben, so daß der Kopf bei i hervorragt; k ist eine Klemmschraube, um den Bolzen festzuklemmen. Hat man Muttern zu fraisen, so wird ein Dorn in den Cylinder i geschoben und die Mutter auf diesem befestigt. Der Cylinder i, oder die Patrone ist mittelst eines Scharniers l an den Untersatz m angeschlossen, so daß sich die Patrone leicht in die Höhe klappen läßt, wenn man das Arbeitsstück einsetzen oder herausnehmen will. Ein zweites Scharnier n (in Fig. 2[b] punktirt) macht den Untersatz mit der Patrone um eine unterhalb der Fraisen liegende Axe drehbar; wird diese Drehung herbeigeführt, so gelangt der zu bearbeitende Schraubenkopf zwischen die beiden Fraisen, und wird von denselben angegriffen; in dem Maaße, wie die Fraisen die Flächen bearbeiten, muß die Drehung fortgesetzt werden, bis endlich die Flächen vollständig zwischen den Fraisen durchpassirt sind.

Die hier besprochene Drehung der Patrone i wird durch ein Excentrik o bewirkt, welches gegen eine Friktonsrolle o′ des Untersatzes wirkt, und diesen bei der Umdrehung der Welle p, auf dem das Excentrik sitzt, allmählig hinten hebt und vorn gegen die Fraisen neigt. Die Welle p wird selbstthätig von der Maschine aus bewegt, indem das auf der Welle p befestigte konische Rad q von dem konischen Getriebe r in Umdrehung gesetzt, und die Welle s dieses letztern mit Hilfe des Schraubenrades t und der eingreifenden Schraube u bewegt wird; die Schraube u aber bildet die Verlängerung der ersten Triebwelle g. Ein Sperrrad v bildet die Kuppelung des Rades q mit der Welle p und hindert, daß bei etwaigem Rückwärtsgange der Maschine das Excentrik gegen die Rolle o′ sich anstemme; ein Kurbelrädchen w gestattet auch die Drehung der Excentrikwelle mit der Hand.

Sind zwei Seiten des Bolzenkopfes fertig geschnitten, so fällt die Patrone durch das Uebergewicht des hintern Theils wieder in die in Fig. 2[a] und 2[b] gezeichnete Lage; es müssen nun zwei folgende Seiten in Angriff kommen, und deshalb dreht man mittelst der Handhabe x die Patrone i mit dem Schraubenkopf um $1/3$ Kreis herum. Um dies mit gehöriger Präcision zu bewirken, ist die Patrone in den Cylinder y eingesetzt, und wird durch den Stift z in selbigem festgehalten; sie hat oben in dem Ansatz z′ drei gebohrte Löcher, welche genau um $1/3$ der Kreisperipherie von einander entfernt sind; will man nun jene Drehung

ausführen, so hat man nur den Stift z zurückzuziehen und die Handhabe x so weit zu drehen, bis der Stift z in das nächste Loch einfällt.

Diese kleine Maschine arbeitet in mehreren Berliner Werkstätten mit dem besten Erfolge.

B) Werkzeuge, bei denen die Bewegung des schneidenden Punktes in der Leitlinie sprungweise erfolgt.

§. 106.

Theorie, Berechnung und Hauptdimensionen der Hobelmaschinen und Ruthenstoßmaschinen.

Zu denjenigen Werkzeugmaschinen, bei welchen das schneidende Werkzeug eine sprungweise Verschiebung erleidet, gehören nach der im §. 95. S. 542 gegebenen Uebersicht hauptsächlich drei Arten von Maschinen:

a) Die Hobelmaschinen (Planhobelmaschinen),

b) Die Rundhobelmaschinen,

c) Die Ruthenstoßmaschinen.

Diese drei Arten der Werkzeugmaschinen, so verschieden sie in ihrer Einrichtung bei der ersten Betrachtung erscheinen mögen, haben gleichwohl in Bezug auf die Principien ihrer Anordnung gewisse Uebereinstimmungen; so daß wir hier die allgemeine Anordnung und die Berechnung derselben zusammenfassen können.

Die wichtigste Uebereinstimmung dieser drei Arten von Maschinen besteht in Folgendem:

1) Das schneidende Werkzeug hat während der Arbeit des Schneidens gegen die zu bearbeitende Fläche nur eine geradlinige relative Bewegung.

2) Nachdem eine Bewegung, deren Länge der zu bearbeitenden Fläche entspricht, zwischen dieser und dem schneidenden Werkzeug stattgefunden hat, kehrt das schneidende Werkzeug wieder zu dem Anfangspunkte der Bewegung zurück, in der Regel (doch nicht immer) ohne bei dieser rückgehenden Bewegung zu arbeiten, dann findet zwischen dem Werkzeug und der Fläche nach der Richtung der Leitlinie (§. 95. S. 536) eine seitliche Verschiebung statt, und es beginnt nun ein neuer Schnitt.

3) Die einzelnen geradlinigen Schnittlinien, welche in der angedeuteten Weise entstehen, sind auch unter sich parallel, insofern die geradlinige Schnittbewegung stets in derselben Richtung erfolgt.

Aus Nr. 1. und Nr. 3. folgt, daß auf den in Rede stehenden Maschinen nur solche Körperformen dargestellt werden können, deren Begrenzungen sich durch parallele gerade Linien erzeugen lassen; also namentlich alle Körperformen, die von Ebenen, oder von einfach gekrümmten Oberflächen eingeschlossen sind, also von solchen Flächen, die sich auf einer Ebene abwickeln lassen.

Aus Nr. 2. folgt, daß zwischen dem Werkzeug und der zu bearbeitenden Oberfläche folgende Bewegungen stattfinden müssen.

a) Eine geradlinige Verschiebung während des Schneidens, und eine rückkehrende Bewegung.

b) Eine seitliche Verschiebung nach der Richtung der Leitlinie vor dem Beginne jedes neuen Schnittes.

Es giebt nun im Allgemeinen vier Methoden, diese Verschiebungen zu bewirken:

a) Das schneidende Werkzeug (der Stichel) macht beide Bewegungen, und das Arbeitsstück steht ganz fest.

b) Der Stichel erhält die seitliche Verschiebung nach der Richtung der Leitlinie, und das Arbeitsstück macht die geradlinig hin- und hergehende Bewegung, während der Stichel feststeht.

c) Der Stichel macht die geradlinige Bewegung, während das Arbeitsstück feststeht, und sodann verschiebt sich das Arbeitsstück um die Dicke des Spahnes vor Beginn des neuen Schnittes.

d) Der Stichel steht ganz fest und das Abeitsstück macht beide Bewegungen.

Die unter a) genannte Anordnung ist bis jetzt nur selten ausgeführt, dagegen ist die unter b) angeführte Combination die bei Planhobelmaschinen fast allgemein übliche. Bei Rundhobelmaschinen und bei Nuthenstoßmaschinen ist die Anordnung bei c) die ziemlich allgemein gebräuchliche, während die Combination d) fast gar nicht ausgeführt zu werden pflegt.

Die geradlinige Bewegung während des Schneidens findet entweder in einer Horizontalen oder in einer Vertikalen statt; erstere Anordnung ist die der Planhobel- und der Rundhobelmaschinen, letztere die der Nuthenstoßmaschinen.

Denken wir lauter unendlich nahe parallele Schnitte geführt, so wird die Gestalt der erzeugten Oberfläche von der Gruppirung dieser Schnitte nebeneinander, also von der Richtung der Leitlinie abhängen, nach welcher sich der Stichel und das Arbeitsstück gegeneinander verschieben, wenn nach Vollendung des einen Schnittes der folgende beginnen soll.

Ist die Leitlinie (vergl. §. 95. S. 536) eine gerade Linie, so liegen die Anfangspunkte aller parallelen Schnitte in dieser geraden Linie, und die erzeugte Oberfläche ist eine Ebene; dies ist das Prinzip der Planhobelmaschinen. Ist die Leitlinie eine Kurve, so ist die erzeugte Oberfläche eine cylindrische, und dies ist das Prinzip der Rundhobelmaschinen und der Nuthenstoßmaschinen.

Nach diesen Erörterungen charakterisiren sich die drei genannten Arten von Maschinen in Folgendem:

1) Bei den Planhobelmaschinen macht in der Regel das Arbeitsstück die Schnittbewegungen; die Richtungen derselben sind horizontal, nach jedem Schnitt macht der Stichel die sprungweise Seitenverschiebung, und diese erfolgt für alle Schnitte in derselben geraden Linie; die erzeugten Oberflächen sind Ebenen.

2) Bei den Rundhobelmaschinen macht der Stichel die geradlinigen

parallelen Schnittbewegungen, die Richtungen derselben sind horizontal, nach jedem Schnitt macht das Arbeitsstück die sprungweise Seitenverschiebung, und zwar entweder nach einer geraden Linie, wodurch ebenfalls Ebenen erzeugt werden, oder nach einer Kreisbewegung, wodurch Kreiscylinder-Mäntel erzeugt werden, oder nach einer Richtung, die aus der Kreisbewegung und der geradlinigen Bewegung combinirt ist, wodurch einfach gekrümmte Oberflächen mancherlei Art erzeugt werden.

3) Bei den Ruthenstoßmaschinen kommt dieselbe Combination der Bewegungen vor, wie bei den Rundhobelmaschinen, mit der Aenderung, daß die parallelen Schnittbewegungen, welche der Stichel ausführt, vertikal sind, die sprungweisen Bewegungen des Arbeitsstückes und die erzeugten Oberflächen entsprechen denjenigen der Rundhobelmaschinen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher bei der schneidenden Bewegung die beiden Theile sich gegeneinander bewegen, beträgt bei den größern Planhobelmaschinen, auf denen schwere Arbeitsstücke bewegt werden, für alle zu bearbeitenden Materialien durchschnittlich gleich viel, nämlich:

3 bis 4 Zoll in der Secunde, oder
15 bis 20 Fuß in der Minute.

Die seitliche Verschiebung des Stichels nach jedem Schnitt, also die Dicke des Spahnes, beträgt im Allgemeinen bei den größern Hobelmaschinen:

nicht weniger als	nicht mehr als
$^1/_{90}$ Zoll bis $^1/_{60}$ Zoll oder $^2/_{15}$ Linien bis $^1/_5$ Linien	$^1/_{12}$ Zoll bis $^1/_8$ Zoll 1 Linie bis $1\,^1/_2$ Linien.

Beim Schroppen von weichem Gußeisen pflegt man die größte Spahndicke $1\,^1/_2$ Linien zu nehmen; beim Schroppen von Schmiedeeisen pflegt man selten über eine Linie Spahndicke zu nehmen. Die Breite des Spahns richtet sich nach den Unebenheiten, welche fortzuschneiden sind; man nimmt sie bei Gußeisen nicht über $^3/_8$ Zoll, bei Schmiedeeisen nicht über $^1/_4$ Zoll.

Hiernach bestimmt sich, wieder für Schmiedeeisen berechnet, der größte Druck, welchen die Hobelmaschine zu überwinden hat:

$$P = \delta \,.\, \varepsilon \,.\, k$$

und wenn man k = 60000 Zollpfund, wie bei den frühern Berechnungen nimmt, so hat man für $\delta = {}^1/_{12}$ Zoll und für $\varepsilon = {}^1/_4$ Zoll

$$P = 1250 \text{ Pfund.}$$

Bei einer Geschwindigkeit von 4 Zoll in der Secunde würde dies als Maximum des Arbeitsmomentes einer Hobelmaschine liefern:

$$Pv = \frac{1250 \,.\, 4}{12} = 412 \text{ Fußpfund pro Secunde, oder etwa eine Pferdekraft.}$$

Mit Rücksicht auf die passiven Widerstände der Reibung u. s. w. sind für große Hobelmaschinen $1\,^1/_2$ bis $1\,^3/_4$ Pferdekräfte zu veranschlagen, wobei jedoch zu bemerken ist, daß dieses Arbeits-Moment nur während der Dauer der Arbeit wirksam ist, und daß es sich sehr wesentlich vermindert während der Zeit, wo der Rückgang stattfindet.

Bei der Berechnung der Zeitdauer, welche erforderlich ist, um eine gegebene Fläche zu hobeln, ist ebenfalls darauf Rücksicht zu nehmen, daß während der Hälfte der ganzen Zeit der Stichel, ohne zu schneiden, die Rückbewegung erleidet.

Bei den Rundhobelmaschinen, sowie bei den kleinern Planhobelmaschinen, bei welchen nicht sonderlich schwere Massen in Bewegung sind, und bei den Nuthenstoßmaschinen pflegt man größere Geschwindigkeiten und geringere Spahndicken zu nehmen. Es mögen hier etwa folgende Geschwindigkeiten gelten:

	pro Secunde	pro Minute
für Stahl	4 bis 5 Zoll	20 bis 25 Fuß
„ Schmiedeeisen	5 — 8 „	25 — 40 „
„ graues weiches Gußeisen . .	6 — 9 „	30 — 45 „
„ weißes, hartes Gußeisen (Hartguß	1 — 1½ „	5 — 7½ „
„ Messing und Bronze	12 — 18 „	60 — 90 „

Die Spahndicken dürften hier etwa innerhalb folgender Grenzen zu rechnen sein:

nicht weniger als	nicht mehr als
$1/120$ bis $1/84$ Zoll	$1/24$ bis $1/18$ Zoll
$1/10$ bis $1/7$ Linie	$1/2$ bis $2/3$ Linie

Die Breite des Spahns beträgt bei den kleinen Planhobelmaschinen, bei den Rundhobelmaschinen und bei den Nuthenstoßmaschinen nicht mehr als etwa 2 Linien, so daß, wenn man wieder die Schnittfestigkeit des Schmiedeeisens zu Grunde legt, der größte Druck, welchen diese Maschinen zu überwinden haben, beträgt:

$$P = 6000 \cdot 1/18 \cdot 1/6 = 555 \text{ Pfund}$$

und folglich das größte Arbeits-Moment:

$$P v = \frac{555 \cdot 8}{12} = \text{circa } 300 \text{ Fußpfund, oder etwa } 5/6 \text{ Pferdekraft.}$$

Da die schädlichen Widerstände verhältnißmäßig geringer sind, als bei den größern Hobelmaschinen, so pflegt man höchstens 1 Pferdekraft als Maximum des Arbeits-Moments zu veranschlagen.

Diese Angaben sind bei der Bestimmung der Dimensionen der Bewegungstheile jener Maschinen als Anhalt zu nehmen.

Wir lassen hier die üblichsten Abmessungen für die in Rede stehenden Maschinen folgen, so weit sie sich auf die Dimensionen der herzustellenden Oberflächen beziehen.

Haupt-Dimensionen der Planhobelmaschinen.

A) Schwere Hobelmaschinen für Riemenbetrieb.

Nr.	Länge des Bettes.	Länge,	Breite,	Tiefe, welche in der Vertikalen gehobelt werden kann.
		welche in der Horizontalen gehobelt werden kann.		
1	4 Fuß 6 Zoll	3 Fuß 0 Zoll	2 Fuß 0 Zoll	1 Fuß 6 Zoll
2	6 „ 0 „	4 „ 6 „	3 „ 3 „	2 „ 6 „
3	9 „ 0 „	6 „ 0 „	3 „ 6 „	3 „ 0 „
4	12 „ 0 „	8 „ 6 „	3 „ 6 „	3 „ 0 „
5	14 „ 0 „	10 „ 0 „	3 „ 6 „	3 „ 6 „
6	17 „ 0 „	12 „ 0 „	3 „ 6 „	3 „ 6 „
7	20 „ 0 „	15 „ 0 „	4 „ 0 „	4 „ 0 „
8	25 „ 0 „	18 „ 6 „	4 „ 0 „	4 „ 0 „
9	30 „ 0 „	22 „ 6 „	5 „ 6 „	5 „ 0 „
10	35 „ 0 „	25 „ 0 „	6 „ 6 „	6 „ 0 „
11	20 „ 0 „	15 „ 0 „	7 „ 6 „	7 „ 6 „
12	22 „ 0 „	15 „ 0 „	9 „ 0 „	9 „ 0 „

B) Leichte Hobelmaschinen für Handbetrieb.

Nr.	Länge des Bettes.	Länge,	Breite,	Tiefe, welche in der Vertikalen gehobelt werden kann.
		welche in der Horizontalen gehobelt werden kann.		
1	2 Fuß 0 Zoll	1 Fuß 3 Zoll	1 Fuß 0 Zoll	0 Fuß 6 Zoll
2	4 „ 6 „	3 „ 0 „	1 „ 6 „	1 „ 3 „
3	4 „ 6 „	3 „ 0 „	2 „ 0 „	1 „ 6 „

Haupt-Dimensionen der Rundhobelmaschinen.

Nr.	Größte Hublänge des Stichels.	Durchmesser der größten Rundung.	Länge	Breite
			der zu hobelnden Ebenen.	
1	6 Zoll	12 Zoll	15 Zoll	12 Zoll
2	15 „	24 „	36 „	24 „
3	18 „	36 „	48 „	36 „

Haupt-Dimensionen der Nuthenstoßmaschinen.

Nr.	Größter äußerer Durchmesser des zu nuthenden Rades.	Größter Hub des Stichels.
1	3 Fuß —	6 Zoll
2	3 „ 6 Zoll	8 „
3	5 „ —	12 „
4	6 „ 6 Zoll	14 „
5	8 „ 6 „	16 „
6	10 —	20 „

§. 107.

Anordnung des Schlittens der Hobelmaschinen und des zugehörigen Mechanismus.

Vergegenwärtigen wir uns die im vorigen Paragraphen (S. 609 Nr. 1.) gegebene allgemeine Charakteristik der Planhobelmaschinen, so ergiebt sich leicht, daß an einer Hobelmaschine folgende Haupttheile unterschieden werden müssen.

1) Der Schlitten oder die Platte, mit dem Bett und dem Mechanismus zur geradlinigen Vorwärtsbewegung während des Schneidens, und zur Rückwärtsbewegung nach vollendetem Schnitt.

2) Der Support mit dem Stichelhalter, mit dem Mechanismus:

a) zur geradlinigen, sprungweisen Verschiebung des Stichels nach vollendetem Schnitt und vor Beginn des neuen Schnittes;

b) zur Bestimmung der Richtung der Leitlinie, nach welcher die Verschiebung soll stattfinden können.

Wir wollen diese beiden Haupttheile mit ihrem Zubehör jetzt näher besprechen.

Der Schlitten mit dem Bett und dem zur Bewegung dienenden Mechanismus.

Der Schlitten oder die Platte dient zur Aufnahme des zu bearbeitenden Werkstückes, welches darauf mittelst Schrauben oder Klammern befestigt werden muß. Der Schlitten ist genau eben gehobelt, hat eine Menge von Durchbrechungen und Oeffnungen, um die Befestigungsklammern anbringen zu können, und besitzt auf der untern Seite zwei parallele prismatische Rippen, mit welchen er in den Führungen des Bettes sehr genau gleitet, ohne eine Seitenschwankung zuzulassen.

Auf Taf. XXXVIII. in Fig. 1ᶜ bei A sieht man die obere Ansicht, in Fig 1ᵇ die Ansicht vom Ende, und in Fig. 1ᵃ die Längenansicht eines solchen Schlittens für eine Hand-Hobelmaschine, in Fig. 2ᶜ auf derselben Tafel bei A die obere Ansicht, in Fig. 2ᵇ die Endansicht, und in Fig. 2ᵃ die Längenansicht eines andern Schlittens; bei a in beiden Figuren sind die Nuthen und Durchbrechungen angegeben. Auf Taf. XXXIX. ist bei C in den Figuren a, b, c und m der Schlitten einer großen Hobelmaschine gezeichnet, zugleich ist die Art der Befestigung des Arbeitsstückes C′ angedeutet. Dieses zu hobelnde Arbeitsstück besteht hier in dem Bett einer Drehbank, welches mittelst Schraubenbolzen, deren schwalbenschwanzförmige Köpfe in die Nuthen des Schlittens eingeschoben sind, befestigt worden ist.

Der Schlitten gleitet auf dem Bett in prismatischen Vertiefungen. Auf Taf. XXXVIII. in Fig. 1ᵇ und auf Taf. XXXIX. in Fig. a und b sieht man, daß das Bett B mit Vorsprüngen b b versehen ist, in welchen die hohlen Führungsprismen angebracht sind, während sich die vollen Prismen d d als Leisten des Schlittens darstellen. Die Führung in Fig. 2ᵇ Taf. XXXVIII. giebt ein Beispiel von einer etwas andern Anordnung.

Das Bett ruht auf Füßen, es dient außer zur Führung des Schlittens

auch zur Aufnahme des Bewegungs-Mechanismus und zur Unterstützung und Befestigung des Support-Trägers.

Die Mittel, durch welche bei den Hobelmaschinen die geradlinige Bewegung des Schlittens herbeigeführt wird, sind im Allgemeinen folgende. Man wendet entweder

1) eine Kette mit Rolle, oder
2) eine Zahnstange mit Getriebe, oder
3) eine Schraubenspindel, oder
4) eine Krummzapfenbewegung

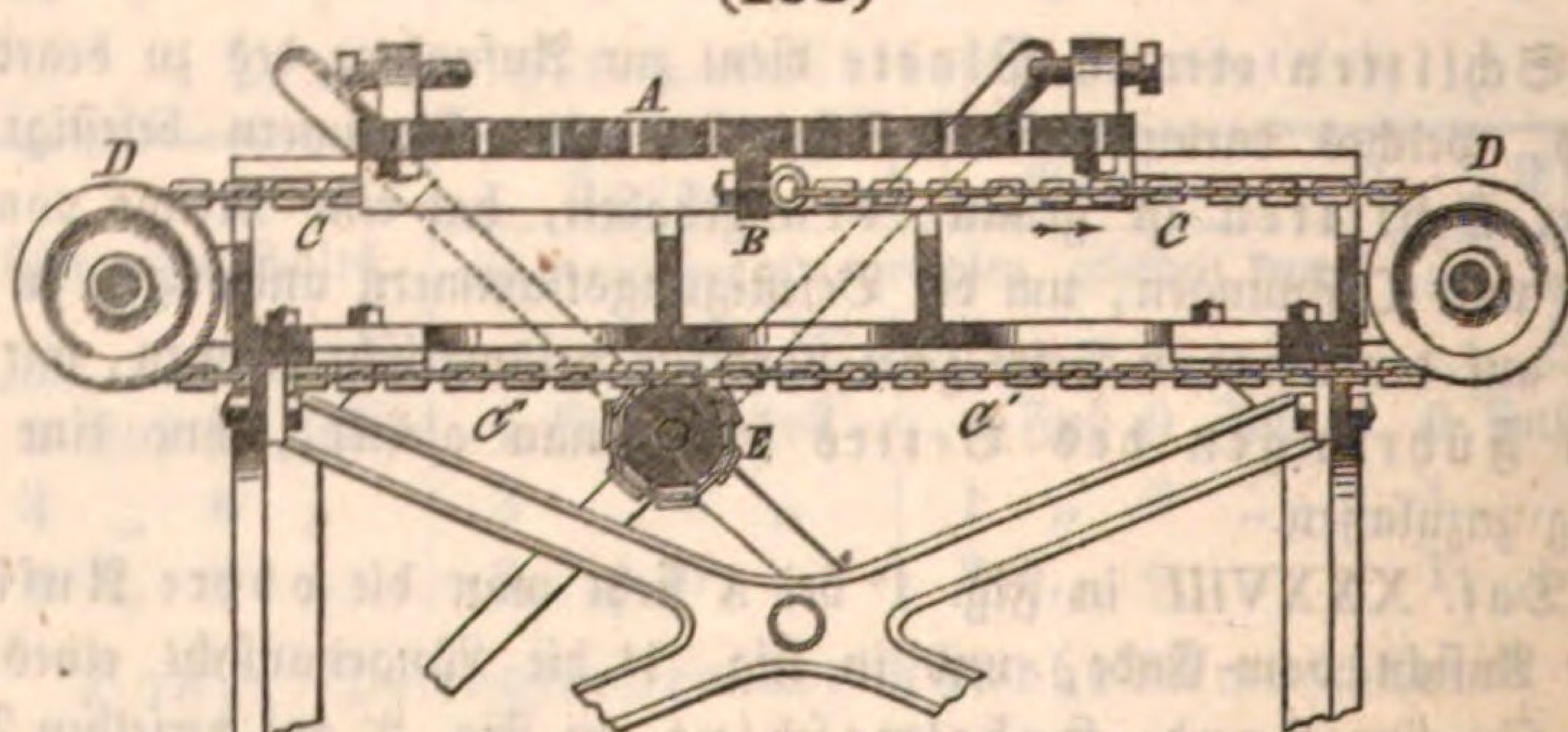
an.

Die drei ersten Mechanismen erfordern behufs der rückgängigen Bewegung eine Umkehrung der Bewegung der ersten Triebwelle der Maschine (siehe unten); bei der Krummzapfen-Bewegung dagegen ergiebt sich die hin- und hergehende Bewegung schon aus der Natur des Mechanismus selbst.

Bewegung des Schlittens mittelst Umkehrung der Bewegung der Triebwelle.

Die Bewegung des Schlittens mittelst Kette und Rolle erläutert der Holzschnitt 103. A ist der Schlitten, an welchem bei B die Kette C befestigt ist;

(103)



dieselbe läuft zu beiden Seiten über die an dem Bett der Maschine angebrachten Leitrollen D D und ihre Enden sind an der Kettentrommel E befestigt; dreht sich letztere in der Richtung des Pfeiles, so wickelt sich das Ende C'' auf und das Ende C' ab; es wird der Schlitten A nach links bewegt; wenn man dagegen die Bewegung der Trommel E umkehrt, so bewegt sich auch der Schlitten entgegengesetzt.

Für die drei andern Bewegungs-Mechanismen geben die drei auf Tafel XXXVIII. und XXXIX. gezeichneten Maschinen Beispiele.

Fig. 1 auf Taf. XXXVIII. zeigt die Bewegung mittelst Zahnstange. An dem Schlitten a ist die Zahnstange c befestigt, welche von dem Getriebe e auf der Welle f in Umdrehung gesetzt wird. Es kommt zur Erzielung einer hin- und hergehenden Bewegung nur darauf an, der Welle f nach Erfordern eine Rotation in dem einen oder im entgegengesetzten Sinne zu geben. Bei der hier dargestellten Maschine erfolgt die Bewegung der Welle f mit Hilfe des Kurbelkreuzes durch Handbetrieb, und es ist also von dem Arbeiter abhängig, ob er

die Bewegung vorwärts oder rückwärts machen will. Wenn dagegen die Welle f, welche das Getriebe trägt, durch die Hauptwelle der Maschine bewegt wird, so muß man eine selbstthätige Umsetzung der Bewegung anordnen. Ueber die Mittel hiezu wollen wir weiter unten sprechen, nachdem wir auch den Betriebs-Mechanismus mittelst Schraube erörtert haben, bei welchem dieselben ebenfalls Anwendung finden.

Die Bewegung mittelst Zahnstange und Getriebe hat im Allgemeinen den Uebelstand, daß sie nicht vollkommen stetig ist; das Eingreifen der Zahnstange giebt bei jedem folgenden Zahn einen kleinen Stoß und eine, wenn auch noch so geringe, Erschütterung; der Schnitt wird namentlich bei schweren Schlitten und Arbeitsstücken dadurch unrein und wellig. Man hat diesem Uebelstande auf mancherlei Weise abzuhelfen gesucht, indem man den Eingriff der Zahnstange mehr kontinuirlich zu machen bemüht war. Die Mittel hiezu sind, außer einer möglichst feinen Theilung und möglichst großem Durchmesser des Getriebes, welche sich indessen bei schweren Hobelmaschinen nicht gut anordnen lassen, in der Hauptsache folgende:

Entweder nämlich wendet man zwei Zahnstangen an, welche parallel an dem Schlitten befestigt sind, aber so, daß jeder Zahn der einen Zahnstange genau einem Zwischenraume (einer Zahnlücke) der andern Zahnstange gegenüberliegt; auf der treibenden Welle sind natürlich zwei Getriebe befestigt, deren Zähne gegen einander eine entsprechende Stellung haben, — oder: man wendet eine sogenannte stufenförmige Zahnstange an, das heißt, jeder Zahn ist seiner Breite nach (Dimension parallel mit der Triebaxe) in drei oder mehrere (z. B. n) Theile zerlegt, und jeder Theil ist gegen den vorigen um $1/3$ $\left(\text{bezüglich um } \frac{1}{n}\right)$ der Theilung verschoben; das Getriebe ist in ähnlicher Weise angeordnet. Hierdurch erzielt man einen sehr ruhigen und sanften Eingriff, und diese Methode, die sich durch Einfachheit auszeichnet, wird gegenwärtig fast bei allen größern Hobelmaschinen angewandt, bei denen man den Vorschub mittelst Zahnstange und Getriebe benützt.

Für den Vorschub mittelst Schraubenspindel giebt die auf Tafel XXXIX. gezeichnete Maschine ein Beispiel. Die Schraubenspindel E bewegt sich in Lagern g g, welche am Bett der Maschine befestigt sind, und wird durch einen der später zu beschreibenden Mechanismen bald nach der einen, bald (für den Rückgang) nach der entgegengesetzten Richtung bewegt. An dem Schlitten C sind mittelst der Axträger e e (Fig. m, o und p) die beiden Rollen D D befestigt, welche zwischen die Schraubengewinde der Leitspindel E eingreifen; diese Rollen vertreten die Stelle der Schraubenmuttern; durch Umdrehung der Schraube, welche ein doppeltes Gewinde mit 3 Zoll Steigung hat, werden die Axen der Scheiben D und mit ihnen der Schlitten C um den Betrag der Steigung vorgeschoben. Bei einem Vorschub von 15 Fuß in der Minute muß also die Schraube 60 Umdrehungen pro Minute machen. Die hier gezeichnete Maschine schneidet sowohl beim Vorwärtsgange, als beim Rückwärtsgange.

Mittel, um die Bewegung bei Hobelmaschinen durch die Maschine selbst umzukehren.

Nach dem Obigen bedürfen Hobelmaschinen, welche entweder durch Kettenscheiben, oder durch Zahnstange und Getriebe, oder durch eine Schraube ihren Vorschub erhalten und durch Maschinenbetrieb in Bewegung gesetzt werden, gewisser Vorrichtungen, um nach Vollendung des Schnittes die Bewegung der treibenden Welle (der Welle der Kettenscheibe, oder der Welle mit Getriebe, oder der Schraube) rückgängig zu machen. Die bekanntesten Vorrichtungen für diesen Zweck sind folgende.

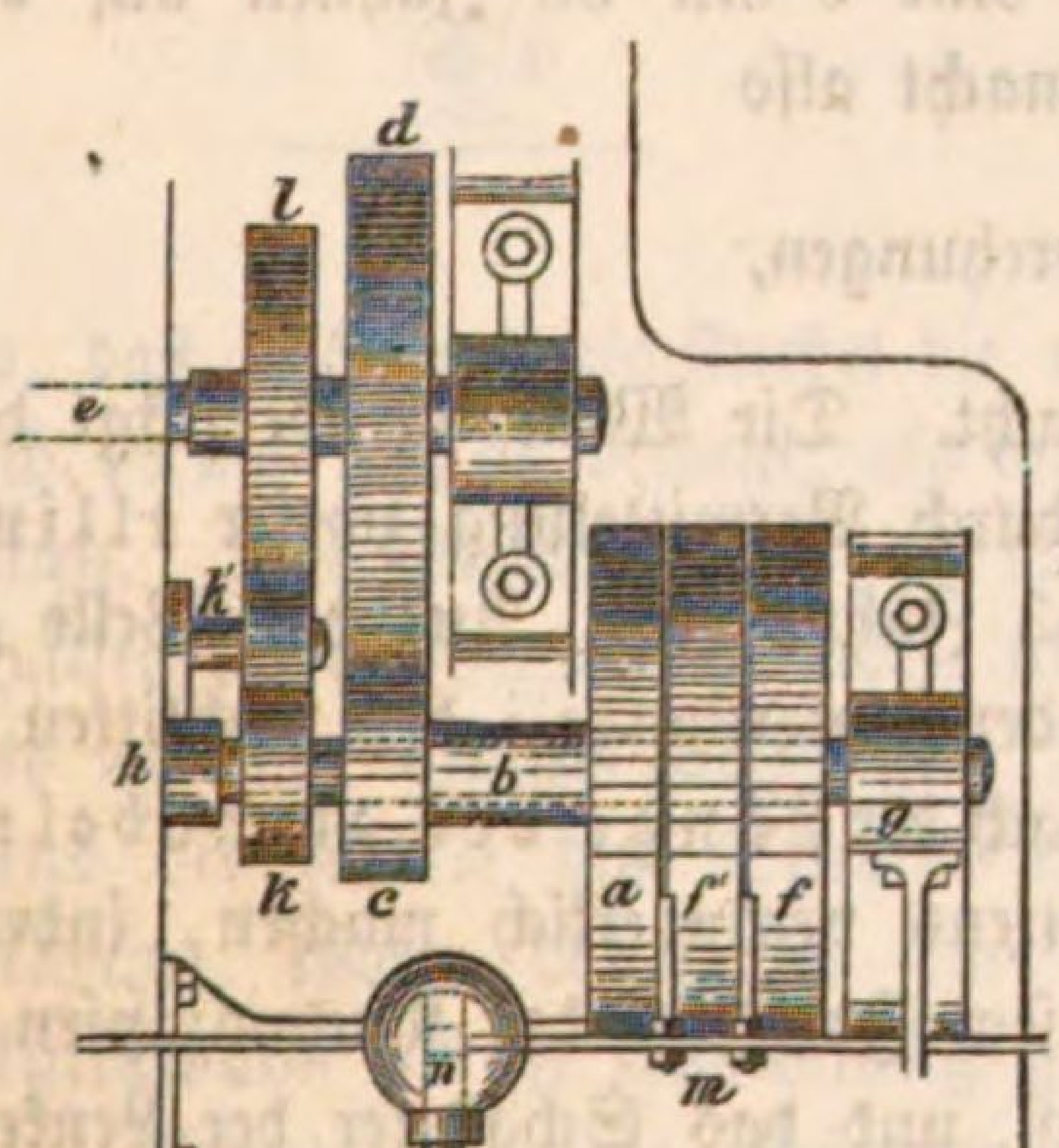
Bei der auf Tafel XXXIX. gezeichneten großen Hobelmaschine ist die Schraube E, welche den Schlitten treibt, an ihrem äußern Ende mit einem konischen Rade F versehen (vergl. Fig. a, m und n), in welches zwei andere konische Räder F′ und F″ auf einer liegenden Welle G eingreifen. Das eine dieser Räder F′ ist auf der Welle G unmittelbar befestigt, das andere F″ sitzt auf einer hohlen Welle, die auf die Welle G aufgeschoben ist, und auf welcher noch die Riemscheibe H″ befestigt ist. Die innere Welle G trägt noch die feste Scheibe H′ und die Losscheibe H. Ein einziger Riemen dient zum Betriebe; läuft derselbe über die Scheibe H, so erfolgt keine Drehung der Schraube, wenn dagegen der Riemen auf die Scheibe H′ geschoben wird, so überträgt das Rad F′ die Bewegung an F, und wenn der Riemen auf die Scheibe H″ geschoben wird, so treibt das Rad F″ das Rad F und dreht die Schraube E folglich entgegengesetzt herum. Die Verschiebung des Riemens auf einer der genannten Scheiben erfolgt durch den Riemenführer J (vergl. Fig. c, d und e), welcher an seinem untern Ende (Fig. d) um einen Zapfen drehbar ist, und etwa in der Mitte seiner Länge von dem Winkelhebel K, der sich um eine vertikale Axe drehen kann, erfaßt wird. Der zweite Arm dieses Hebels K wird von einer Hülse j umfaßt, die auf der Zugstange L befestigt ist, welche sich zwischen festen Ständern L′ L′ verschieben kann. Man sieht leicht, daß, wenn die Stange L hin- und hergeschoben wird, auch der Riemenführer J den Riemen verschieben muß. Zu diesem Zwecke ist an dem Schlitten C ein Knaggen m befestigt, und auf der Stange L sitzen die Hülsen l′ und l″. Bewegt sich der Schlitten nach links (Fig. c), so stößt endlich der Knaggen m an die Hülse l′ und schiebt den Riemen auf die andere Scheibe, bewegt sich dann der Schlitten nach rechts, so stößt der Knaggen m an die Hülse l″ und zieht die Stange L mit ihr die Hülse j und den Riemenführer J wieder zurück. Die Stellung der Knaggen l und l′ bestimmt den Augenblick der Umsteuerung und läßt sich nach Erfordern auf der Stange L beliebig ändern.

Eine andere Methode der Umänderung der Bewegung ist auf Taf. XXXV. Fig. 3 dargestellt. A ist das Bett der Hobelmaschine, B ein Stirnrad, welches auf der Welle, deren Bewegung geändert werden soll, befestigt ist, C C sind zwei Axen, deren jede eine lose Riemscheibe trägt, welche durch verschiebbare Kuppelungen mit den auf den betreffenden Axen befestigten Getrieben D D gekuppelt werden können. Diese letzteren drehen sich ebenfalls lose auf den Axen der Riemscheiben und sind mit dem Rade B in constantem Eingriff; je nachdem nun entweder das eine oder das andere Getriebe mit Hilfe der

Kuppelungen mit den betreffenden Riemscheiben gekuppelt wird, muß das Rad B nach der einen oder nach der entgegengesetzten Richtung gedreht werden. Um dies zu bewirken, sitzen die Rückhebel G G vor den Kuppelungen an einer Axe F, auf deren Mitte sich der Hebel E befindet. Wenn nun das eine Ende des Hebels E durch eine dem zuletzt beschriebenen Mechanismus ähnliche Vorrichtung gedreht wird, so kommt die eine Kuppelung in Eingriff, und die andere zugleich außer Eingriff; an dem andern Ende des Wegs des Schlittens stößt ein Knaggen an das untere Ende des Hebels und kuppelt von Neuem um u. s. f.

Noch eine andere Methode der Umkuppelung ist nach Art der bei der Schraubenschneide-Maschine auf Taf. **XXXVII.** in Fig. 1 dargestellten Einrichtung zu construiren. Man bringt auf die umzukuppelnde Welle drei Riemscheiben an, eine feste Scheibe in der Mitte und zwei Losscheiben zu jeder Seite derselben; nun hat man einen offenen und einen gekreuzten Riemen, und einen Riemenführer, wie in der eben angezogenen Figur, nur wird der Riemenführer mittelst eines Mechanismus umgestellt, der von dem Schlitten der Hobelmaschine in einer Weise bewegt wird, wie sie oben bei der auf Tafel **XXXIX.** abgebildeten Maschine beschrieben wurde.

(104)



Eine vierte Methode der Umkuppelung, wie sie bei Hobelmaschinen üblich ist, zeigt der Holzschnitt 104 in der obern Ansicht. Dieses System hat den Vortheil, daß der Rücklauf mit größerer Geschwindigkeit bewirkt werden kann, als der Vorwärtsgang, und daß man daher die verlorne Zeit, während welcher der Stichel nicht schneidet, abkürzt.

a ist die Riemscheibe für den Vorwärtsgang, welche auf der hohlen Welle b befestigt ist, die noch das Getriebe c trägt. Durch Eingriff desselben in das Rad d, welches auf der Triebwelle e des Schlittens sitzt, wird die Bewegung verlangsamt. Durch die hohle Welle b ist eine volle Axe geschoben, welche bei g und h in Lagern läuft. Dieselbe trägt die feste Riemscheibe f und daneben noch eine Losscheibe f', sodann ein Getriebe k, dessen Bewegung mittelst eines Wechselrades k' an das auf der Triebwelle des Schlittens befestigte Rad l übertragen wird. Ein einziger Riemen dient zur Bewegung der Maschine, er treibt vorwärts, wenn er über die Scheibe a läuft; rückwärts, wenn er über die Scheibe f läuft, und gar nicht, wenn er über die Scheibe f' läuft. Die Verschiebung des Riemens wird durch den an der Stange m befindlichen Riemenführer bewirkt, indem mittelst eines in vertikaler Ebene schwingenden Hebels, dessen oberes Ende mit einer sogenannten Fallkugel n versehen ist, die Stange m bald nach rechts, bald nach links verschoben wird, je nachdem von zwei an dem Schlitten der Maschine befestigten Knaggen der eine oder der andere den Hebel mit der Fallkugel trifft und zur Seite wirft. In dem Maaße, wie das Umsetzungs-

Verhältniß zwischen den Rädern c und d größer ist als zwischen den Rädern k und l, ist die Vorwärtsbewegung langsamer als der Rücklauf.

Bewegung des Schlittens der Hobelmaschinen mittelst constant rotirender Triebwelle.

Die Bewegung des Schlittens, ohne daß die Triebwelle umgekuppelt zu werden braucht, geschieht meist mittelst Krummzapfenbewegung; die auf Tafel XXXVIII. in Fig. 2 gezeichnete Maschine giebt ein Beispiel einer solchen Anordnung.

Im Allgemeinen eignet sich die Krummzapfenbewegung nur für solche Hobelmaschinen, auf welchen man Stücke von geringer Länge hobeln will, da sonst der Halbmesser der Kurbel und die Länge der Lenkerstange zu beträchtlich werden würden, um noch in der Anwendung vortheilhaft zu sein.

Bei der auf Taf. XXXVIII. in Fig. 2 gezeichneten Maschine wird die Bewegung von der Hauptwelle der Fabrik an die Stufenscheiben D übertragen, auf der Welle derselben sitzt das Getriebe b mit 17 Zähnen, welches in das Rad c mit 72 Zähnen eingreift, auf dessen Welle das konische Rad d mit 26 Zähnen befestigt ist, welches die Bewegung durch das Rad e mit 53 Zähnen auf die stehende Welle e′ überträgt. Diese Welle macht also

$$\frac{17.26}{76.53} = \frac{1}{9{,}113} \text{ Umdrehungen,}$$

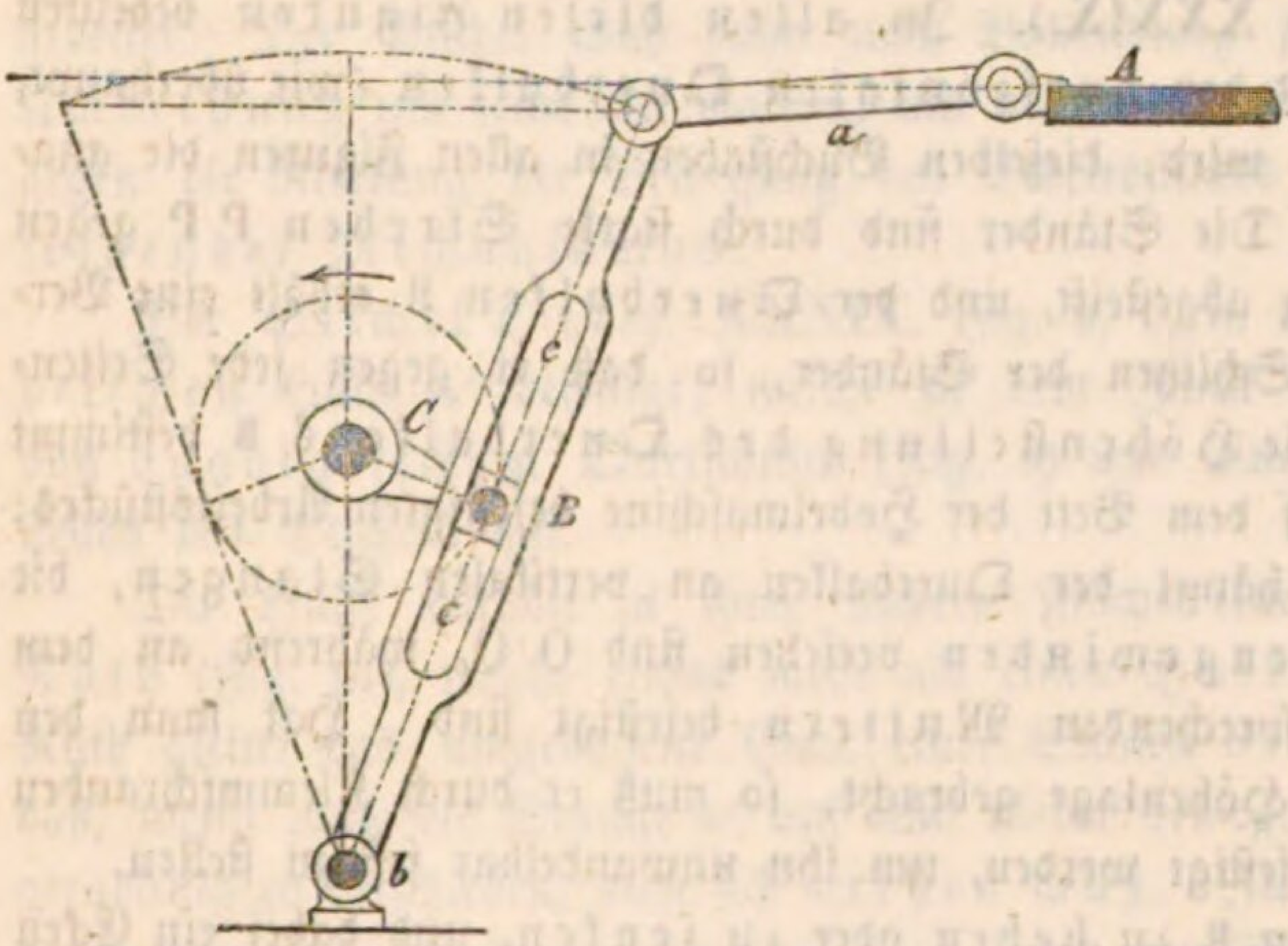
während die Stufenscheibe eine Umdrehung macht. Die Welle e′ überträgt die Bewegung an die stehende Welle g′ und zwar durch Vermittelung zweier elliptischer Stirnräder f und g, deren jedes 53 Zähne hat. Auf der Welle g′ ist der Krummzapfen h befestigt, welcher mittelst der Lenkerstange i dem Schlitten A die hin- und hergehende Bewegung ertheilt. Nach der Länge des zu hobelnden Stückes kann man den Weg des Schlittens veränderlich machen, indem man den wirksamen Kurbelarm ändert. Zu diesem Zweck ist der Krummzapfen h der ganzen Länge nach mit einer Nuth versehen, und das Scharnier der Lenkerstange i läßt sich in gegebenen Abständen von der Drehare mittelst einer Schraube in dieser Nuth befestigen.

Die elliptischen Räder haben den Zweck, die Umdrehungs-Geschwindigkeit der Are g′ und folglich des Kurbelarms h veränderlich zu machen, nämlich so, daß der Kurbelarm, während der Stichel schneidet, den Schlitten langsam vorwärts zieht und dann während der Rückbewegung, ohne zu schneiden, ihn schneller zurückschiebt. Die Räder müssen so angeordnet sein, daß sich jede Ellipse um einen ihrer Brennpunkte dreht, und daß die veränderliche Geschwindigkeit, welche durch die Kurbelbewegung für den Schlitten bedingt ist, während des Schnittes durch die elliptischen Räder möglichst ausgeglichen wird. Die Kurbelbewegung giebt für den Schlitten die größte Geschwindigkeit, wenn der Kurbelarm auf der Mitte seines Weges steht (Fig. 2^c) und für diese Stellung greift der kürzeste Radius-Vector der treibenden Ellipse mit dem größten

Radius-Vector der getriebenen Ellipse zusammen; das Verhältniß zwischen beiden ist 1 : 2¼.

Man hat noch andere Methoden, um bei der Kurbelbewegung den Vorschub und den Rückgang des Schlittens mit verschiedener Geschwindigkeit zu bewirken; eine der besten ist die, welche der Holzschnitt 105 im Prinzip anschaulich macht.

(105)



Die Lenkerstange a des Schlittens A greift nicht unmittelbar an die Kurbel, sondern zunächst an das Ende eines Hebels B, welcher in der Ebene der Kurbel um einen festen Drehpunkt b schwingt und mit einem Schlitz c versehen ist, in welchen das Ende der Kurbel mittelst eines Gleitstückes eingreift. Dreht sich die Kurbel C, so wird der Hebel B und mit ihm der Schlitten A hin und her bewegt, doch so, daß, während die Kurbel die obere Hälfte ihrer Kreisbahn durchläuft, der Hebel sich langsamer bewegt, als während die Kurbel den untern Theil der Bahn durchläuft. Der Stichel muß also schneidend wirken, wenn die Kurbel die obere Hälfte ihres Weges vollendet, und den Rückgang erleiden, während die Kurbel die untere Hälfte zurücklegt. Auch hier tritt eine ähnliche Compensation während der Arbeit des Stichels ein, wie bei den eben beschriebenen elliptischen Rädern, indem der Hebel seine geringste Winkelgeschwindigkeit hat, während die Kurbelbahn oben rechtwinklig gegen ihn gerichtet ist.

Bevor wir die Erörterung der verschiedenen Mittel zur Bewegung des Schlittens der Hobelmaschinen beendigen, haben wir noch anzuführen, daß man auch Hobelmaschinen construirt hat, bei welchen das Arbeitsstück fest liegt und der Stichel beide Bewegungen macht, sowohl die schneidende, als die sprungweise vor Beginn des Schnittes. Diese Maschinen eignen sich jedoch nur für sehr schwere Arbeitsstücke und haben einen allgemeinen Eingang sich noch nicht verschaffen können.

§. 108.

Anordnung des Supportes der Hobelmaschinen und des zugehörigen Mechanismus.

Der zweite Haupttheil der Hobelmaschine wird gebildet durch den Stichelhalter, mit den Vorrichtungen zu seiner Unterstützung und Einstellung, und

mit dem Mechanismus, um dem Stichel nach Vollendung jedes Schnittes eine sprungweise Verschiebung zu geben. Alle diese Theile bilden den Support der Hobelmaschine und dessen Zubehör.

Während der Arbeit, d. h. während der schneidenden Bewegung des Arbeitsstückes, steht der Support fest; er wird stets von zwei an dem Bett der Maschine befestigten Säulen oder Ständern getragen, zwischen denen ein horizontaler Querbalken auf und nieder verschiebbar ist (vergl. die Maschinen auf Tafel XXXVIII. und XXXIX.). In allen diesen Figuren bedeuten P′ P′ die Ständer und R den horizontalen Querbalken (wie überhaupt, wenn nicht anders bemerkt wird, dieselben Buchstaben in allen Figuren die analogen Stücke bezeichnen). Die Ständer sind durch starke Streben P P gegen die Richtung der Bewegung abgesteift, und der Querbalken R erhält eine Vertikalführung in passenden Schlitzen der Ständer, so daß er gegen jede Seitenschwankung gesichert ist. Die Höhenstellung des Querbalkens R bestimmt sich nach der Höhe des auf dem Bett der Hobelmaschine befestigten Arbeitsstückes; um dieselbe zu reguliren, hängt der Querbalken an vertikalen Stangen, die gewöhnlich mit Schraubengewinden versehen sind Q Q, während an dem Querbalken R die entsprechenden Muttern befestigt sind. Hat man den Querbalken in die richtige Höhenlage gebracht, so muß er durch Klemmschrauben R′ R′ an den Ständern befestigt werden, um ihn unwandelbar fest zu stellen.

Um den Querbalken R zu heben oder zu senken, und dabei ein Ecken und Klemmen in den Führungen zu vermeiden, ihn vielmehr stets genau parallel mit sich selbst und mit dem Schlitten der Maschine zu bewegen, braucht man nur gleichzeitig beide Schrauben Q Q zu drehen, und hierzu dienen die konischen Räder r und r′ und die Welle s, die bei s′ in Lagern ruht und bei s″ eine Kurbel bekommt. — Diese Verstellung des Querbalkens geschieht stets durch die Hand des Arbeiters, niemals selbstthätig durch die Maschine.

Der Querbalken R ist der eigentliche Träger des schneidenden Werkzeugs und der für dasselbe bestimmten Maschinerie; diese besteht im Allgemeinen aus folgenden Haupttheilen:

a) dem Stichelhalter (Stichelhause, Stichelgehäuse);
b) dem Mechanismus, um die Richtung der Leitlinie zu bestimmen, nach welcher sich das Stichelhaus nach jedem Schnitt verschieben soll;
c) dem Mechanismus, um die sprungweise Verschiebung nach jedem Schnitte zu bewirken.

a) Das Stichelgehäuse.

Das Stichelgehäuse der Hobelmaschinen ist gewöhnlich so construirt, daß der eingespannte Stichel nur nach einer Richtung wirken kann, es ist also mittelst eines Scharniers an die Platte des Supports angeschlossen, so daß das Stichelhaus bei der schneidenden Bewegung des Schlittens sich gegen die Platte stützt, bei der rückgängigen Bewegung jedoch sich vermöge des Scharniers ein wenig abhebt und dem Stichel ein Gleiten auf der bereits bearbeiteten Oberfläche gestattet. Von dieser Art sind die Stichelgehäuse, welche auf Taf. XXXV.

in Fig. 6, auf Taf. XXXVIII. in Fig. 1 und 2 dargestellt sind; bei allen diesen bezeichnet x das Stichelgehäuse, welches um die Zapfen x′ x′ scharnierartig schwingen kann und an welchem der Stichel mittelst Bügel und Schrauben x″ x″ befestigt werden kann.

Eine abweichende Einrichtung zeigt das Stichelgehäuse der auf Tafel XXXIX. dargestellten Hobelmaschine. Diese Maschine ist so construirt, daß sie, sowohl beim Vorwärtsgange, als beim Rückwärtsgange des Schlittens, schneidend arbeitet. Der Stichel muß daher nach Vollendung jedes Schnittes eine halbe Umdrehung um seine Axe machen, um die vordere schneidende Kante von Neuem gegen die Richtung der Bewegung des Arbeitsstückes zu wenden. Hierzu dient folgender Mechanismus:

Der Stichel f′ (Taf. XXXIX. Fig. a, c, m und q) ist in einer cylindrischen Hülse A′ befestigt, welche zu dem Zweck im Innern eine Höhlung von quadratischem Querschnitt (Fig. s) und eine Klemmschraube zum Feststellen des Stichels hat.

Die Hülse enthält in ihrer äußern Fläche eine steile spiralförmige Nuth (Fig. m), welche etwas mehr als einen Halbkreis einschließt; in dieser Nuth gleitet das umgebogene Ende einer Stange e′. Nun ist es einleuchtend, daß, wenn man die Stange e′ auf und nieder bewegt und die Hülse hindert sich geradlinig zu verschieben, diese sich drehen muß. Zu diesem Zwecke ist die Hülse A′ in den Cylinder Z eingeschoben, oben durch den Ring B′ und durch Verschraubung gegen geradlinige Verschiebung gesichert, und mittelst des Ansatzes g′, der sich an dem Ringe B′ befindet und bei der Drehung gegen Vorsprünge g″ des Cylinders Z stößt, so ajustirt, daß sie bei entsprechender Verschiebung der Stange genau nur eine halbe Umdrehung machen kann. Es ist ersichtlich, daß es jetzt nur darauf ankommt, nach Vollendung eines Schnittes die Stange e′ in die Höhe zu ziehen, um den Stichel zu drehen, und nach Vollendung des folgenden Schnittes die Stange e′ wieder niederzudrücken, um den Stichel wieder entgegengesetzt herumzudrehen. Die Stange e′ wird zu diesem Zweck durch die Hülse i′ geführt und hängt oben mittelst einer kleinen mit Holz ausgefütterten Büchse d′, und der beiden Schienen c′ c′ an dem Ende des Hebels Y, dessen Axe von dem Querarm R getragen und mit demselben parallel laufend, vorne den zweiten Hebelarm V trägt, das Ende des Hebelarms V wird von den Kloben O O′ einer vertikal verschiebbaren Stange N ergriffen, die in den an dem Ständer P′ befestigten Buchsen q q geführt wird. Die beiden Kloben O und O′ an der Stange N stoßen, je nachdem die Stange auf- oder niedergeschoben wird, an den Hebelarm V und bewirken dadurch die Umstellung des Stichels. Je nach der Höhenlage des Querbalkens R kann man diese Kloben in verschiedenen Höhen der Stange N befestigen. Um nun der Stange N am Ende jedes Schnittes die zur Umstellung des Stichels erforderliche Bewegung zu geben, ist das untere Ende derselben mit einem Zapfen p versehen, der in die Nuth eines Excentriks M eingreift, das auf der kleinen Welle o am Bett der Hobelmaschine angebracht ist. Dieselbe Welle o (vergl. Fig. i) trägt einen Zahnbogen n und dieser steht mit einer kleinen Zahnstange l in Eingriff, welche an

der Zugstange L befestigt ist. Diese Zugstange L haben wir bereits (S. 616) bei Gelegenheit der Umkehrung der Bewegung kennen gelernt; sie wird, wenn der Schlitten am Ende seines Weges links angekommen ist, mittelst des Knaggen m und der Hülse l′ nach links geschoben, und bewegt durch Eingriff zwischen den Verzahnungen l und n das Excentrik M so, daß es die Stange N abwärts zieht; am Ende seines Weges rechts schiebt der Schlitten mittelst des Knaggens m und der Hülse l″ die Stange L nach rechts und dreht das Excentrik entgegengesetzt, so daß die Stange N aufwärts geschoben und der Stichel f′ wieder zurückgedreht wird. Die Stange L mit den Hülsen l′ und l″ und dem Knaggen m haben also außer der Umkuppelung der Bewegung auch noch den Zweck, den Stichel umzudrehen; sie haben endlich noch den dritten Zweck, die sprungweise Seitenverschiebung des Stichels zu bewirken mit Hilfe der Verschiebung der Stange N. Wir werden weiter unten auf diesen Bewegungs-Mechanismus zurückkommen.

b) Der Mechanismus, um die Richtung der Leitlinie zu bestimmen, nach welcher sich das Stichelhaus nach jedem Schnitt verschieben soll.

Der Schlitten der Hobelmaschine stellt stets eine horizontale Ebene dar; die Richtung, in welcher die Bewegung des Schlittens erfolgt, wollen wir die Länge nennen, die horizontale Dimension, welche normal zur Länge ist, als Breite, und die vertikale Dimension als „Höhe" bezeichnen. Fällt die Richtung der Leitlinie, nach welcher der Stichel sich nach Vollendung jedes Schnittes verschiebt, mit der Breite zusammen, so ist die gehobelte Oberfläche horizontal und parallel mit der Oberfläche des Schlittens, wenn dagegen die Leitlinie, nach welcher sich der Stichel verschiebt, mit der Höhe zusammenfällt, so ist die erzeugte Oberfläche vertikal und normal zur Ebene des Schlittens, wenn endlich die Verschiebung nach einer Leitlinie erfolgt, welche gegen die Breite und gegen die Höhe geneigt ist, so ist die erzeugte Oberfläche gleichfalls eine gegen die Ebene des Schlittens geneigte Ebene. Andere Lagen, als die eben angedeuteten, können die gehobelten Flächen gegen die Ebene des Schlittens nicht erhalten, es genügt aber, wenn eine Hobelmaschine diese drei Richtungen der Leitlinie gestattet, nämlich:

a) die horizontale Richtung der Leitlinie;
b) die vertikale Richtung der Leitlinie;
c) die geneigte Richtung der Leitlinie.

Die horizontale Richtung der Leitlinie ist im Allgemeinen durch die Richtung des Querbalkens R gegeben, auf demselben ist mittelst Leitspindel und Schraube der eigentliche Werkzeugträger verschiebbar. Zu diesem Zwecke ist der Querbalken R sehr genau der Länge nach mit prismatischen Führungen versehen, und diese werden von der Hauptplatte S des Werkzeugträgers umfaßt. (Vergleiche die Figuren 6 auf Tafel XXXV., 1 und 2 auf Tafel XXXVIII. und a, b, c, m und s auf Tafel XXXIX.) Vor dieser Platte S befindet sich eine zweite Platte U (s. dieselben Figuren), welche sich gegen die erstgenannte Platte in vertikaler Ebene um einen

Zapfen verdrehen und in jeder beliebigen Lage feststellen läßt. Hierdurch kann man die geneigte Leitlinie des Stichels erzielen, denn auf der Platte U ist der Schieber Z mittelst Schraube und Mutter verschiebbar, und an diesem Schieber ist entweder unmittelbar das Stichelhaus angebracht (Fig. 1 und 2 auf Taf. XXXVIII. und Taf. XXXIX.), oder es ist noch erst eine Wiederholung des eben beschriebenen Systems angeordnet und zuletzt das Stichelhaus. Je nachdem man die Platte U gegen die Platte S so dreht, daß die Verschiebung des Schiebers Z genau vertikal erfolgt, oder so, daß die Verschiebung gegen die Vertikale geneigt ist, kann man vertikale und geneigte Flächen hobeln.

c) Der Mechanismus, um die sprungweise Verschiebung des Stichels nach jedem Schnitte zu bewirken.

Die Verschiebung des Stichels nach der Leitlinie erfolgt zunächst durch Schrauben, denn es wird sowohl der ganze Werkzeughalter nach der Richtung des Querbalkens R mit Hilfe einer Leitschraube verschoben, als auch der Schieber Z auf der Platte U nach der vertikalen oder nach der geneigten Richtung. Diese Verschiebung erfordert eine kurze Drehung der Schraube, und als Mittel, eine solche herbeizuführen, bedient man sich entweder der freien Hand des Arbeiters, oder eines durch die Maschine selbstthätig bewegten Mechanismus, der gewöhnlich in einem Sperrrade besteht, das vor Beginn jedes neuen Schnittes auf irgend eine Weise eine Drehung um einen, oder um einige Zähne erleitet.

Die Mittel, um diese Bewegungen zu erzeugen, werden am besten durch Erläuterung der in den Tafeln dargestellten Beispiele verständlich werden.

Taf. XXXV. Fig. 6 stellt in allen Details einen der vollständigsten Werkzeugträger für Hobelmaschinen dar. Fig. 6^a ist der Vertikalschnitt; man sieht den Querarm R und in einer Aussparung desselben die Leitschraube T, welche zur Fortbewegung der Hauptplatte S dient, an welcher zu diesem Zwecke die Mutter T′ (Fig. 6^b) befestigt ist. Fig. 6^b zeigt diese Hauptplatte S in der Vorderansicht und im Horizontalschnitt. Man sieht die Schrauben s′ s′ s′ zum Anspannen der Führungsleiste und die Schrauben s″ s″, welche die Mutter T′ festhalten, sodann bemerkt man eine kreisförmige Nuth u mit schwalbenschwanzförmigem Querschnitt; in dieselbe werden die Köpfe der Schraubenbolzen eingeschoben, welche die Platte U festhalten sollen, die gegen die Platte S um die Axe s (Fig. 6^a) drehbar ist. Fig. 6^c zeigt diese Platte in der Vorderansicht und in der Ansicht von oben, und Fig. 6^d zeigt dieselbe Platte in der Ansicht von der Rückseite, mit welcher sie an der Platte S liegt. Eine Kreistheilung auf der Platte S markirt die Neigung, nach welcher man die Mittellinie der Platte U gegen die Vertikale eingestellt hat. Die Platte U hat schwalbenschwanzförmige Leisten u′, über welche der Schieber Z geschoben ist, den Fig. 6^e in der Vorderansicht und in der Oberansicht zeigt, derselbe ist mit einer Mutter z′ versehen, die durch die beiden Schräubchen z″ z″ befestigt ist, und von einer Schraube V bewegt wird; die Schraube hat an ihrem obern Ende einen Kopf zur Aufnahme einer Kurbel, um die Stellung mit der Hand zu bewirken; außerdem aber trägt

sie ein konisches Rädchen v, welches, mit dem Rädchen v′ in Eingriff stehend, durch die Räder w′ und w von der Welle W bewegt wird. Da die Räder v′ und w′ dieselbe Axe s haben, um welche die Platte U gegen S drehbar ist, so wird durch eine solche Drehung der Eingriff der Räder nicht gestört. Durch einen der später zu beschreibenden Mechanismen kann nur entweder die Schraube T gedreht werden, und dann erfolgt eine Verschiebung nach der horizontalen Leitlinie, oder es kann die Welle W gedreht werden und dann überträgt sich die Bewegung an die Schraube V, und es erfolgt, je nach der Stellung der Platte U, eine Verschiebung nach vertikaler oder nach geneigter Leitlinie.

Um nun, während eine selbstthätige Verschiebung nach irgend einer Richtung erfolgt, mit Bequemlichkeit den Stichel noch besonders mit der Hand zu verrücken, wenn man die Spahnbreite verstellen will, ist das eben beschriebene System der Platte und des Schiebers noch einmal wiederholt. Auf dem Schieber Z liegt nämlich noch die Platte X, welche in Fig. 6[f] in zwei Ansichten besonders dargestellt ist, und welche vollkommen mit der Construction der Platte U übereinstimmt; sie ist auf dem Schieber Z drehbar und kann mittelst Bolzen q q, deren Köpfe in einer kreisförmigen Nuth q′ q′ liegen, befestigt werden. Auf dieser Platte schiebt sich der zweite Schieber Y mit Hilfe der Schraube Y′. Dieser Schieber ist in Fig. 6[g] besonders gezeichnet, y′ ist die Mutter der Schraube Y′, und y″ ein Bolzen zur Befestigung derselben. An dem Schieber Y ist das Stichelgehäuse x befestigt, welches um die scharnierförmigen Zapfen x′ x′ schwingen kann. Fig. 6[h] giebt eine Zusammenstellung des ganzen Werkzeugträgers in der Vorderansicht, doch so, daß die Platten X, U und S gegen einander verdreht sind; es korrespondirt also diese Ansicht nicht mit der Stellung, welche in dem Durchschnitt Fig. 6[a] vorausgesetzt ist.

Der Werkzeughalter für die auf Taf. XXXVIII. in Fig. 1 dargestellte Maschine stimmt in der Construction im Allgemeinen mit dem eben beschriebenen überein; es fehlen nur die Platte X und der Schieber Y, wogegen das Stichelgehäuse unmittelbar an der Platte Z aufgehängt ist. Der Mechanismus zur Horizontalbewegung mittelst der Schraube T und zur Vertikalbewegung, bezüglich zur schrägen Verstellung mittelst der Welle W und der konischen Räder w w′ und v v′ ist dem vorhin beschriebenen so ähnlich, daß er keiner besondern Beschreibung bedarf; er ist in Fig. 1[h] im Detail besonders gezeichnet. Dagegen wird es hier der Erläuterung bedürfen, auf welche Weise durch die Bewegung des Schlittens die sprungweise Bewegung, sei es der Schraube T oder der Welle W, erzielt wird. Zu dem genannten Zweck dient der Knaggen h, welcher an dem Schlitten der Bohrmaschine in geeigneter Stellung, die von der Länge des zu hobelnden Stückes abhängig ist, befestigt werden kann. Geht der Schlitten nach links (Fig. 1[a]), so trifft endlich der Knaggen h an den Arm i eines kleinen, an dem Bett befestigten Winkelhebels und dreht ihn nach links, dadurch wird der an der Axe des Winkelhebels befestigte Fallhebel k aufgehoben und nach links übergeworfen, geht später der Schlitten nach rechts, so stößt der Knaggen h zur geeigneten Zeit an den andern Schenkel i′ des Winkelhebels und wirft den Fallhebel k wieder zurück. So erlangt der Hebel l,

welcher an derselben Axe fest ist, die den Winkelhebel und den Fallhebel trägt, wenn der Schlitten am Ende des Weges links ist, eine niedergehende Bewegung, und wenn der Schlitten später nach rechts geht, eine aufsteigende Bewegung; an den Hebel l aber schließt sich eine Zugstange m an, welche mit ihrem obern Ende an den Winkelhebel n angreift, der sich auf der Welle W frei dreht; dieser Winkelhebel ist in Fig. 1[1] besonders gezeichnet; er trägt zwei Sperrkegel und auf der Welle W sind zwei Sperrrädchen o und o′, das erstere o steckt lose auf der Welle W und greift in ein kleines Rädchen q auf der Leitspindel T, das andere o′ sitzt fest auf der Welle W. Geht nun der Hebel l nieder, so zieht die Stange m den Winkelhebel n nieder und schiebt dadurch das Sperrrad o und o′ um ein entsprechendes Stück herum; hierdurch dreht sich die Schraube T, oder durch Vermittelung der Welle W und der Räder w w′ v v′ die Schraube V, und der Stichel erhält eine Verschiebung. Soll der Horizontal-Vorschub allein erfolgen, so wird der Sperrkegel p′ außer Eingriff gebracht, und wenn der vertikale Vorschub allein erfolgen soll, so hebt man den Sperrkegel p aus den Zähnen des Rades. Beim Aufwärtsgange des Hebels l geht der Winkelhebel n zurück und die Sperrklinken schleifen über die Zähne der Rädchen fort, um beim Wechsel der Bewegung von Neuem vorzuschieben. Legt man den Sperrkegel p so herum, daß er das Rädchen o von der andern Seite (links) erfaßt, so wird beim Vorschub die Schraube T entgegengesetzt herumgedreht, als bei der Stellung auf der Zeichnung. — Den Betrag des Vorschubs kann man dadurch reguliren, daß man den Angriffspunkt der Stange m auf dem Hebel l verschiebt.

Die Hobelmaschine auf Taf. XXXVIII. Fig. 2 hat einen sehr einfachen Werkzeughalter, welcher der allgemeinen Beschreibung auf S. 620 ziemlich genau entspricht. Die Horizontalverschiebung kann durch die Maschine selbstthätig bewirkt werden, die Vertikalverschiebung muß der Arbeiter mit der Hand ausführen. Um die Horizontalverschiebung zu bewirken, ist die Schraube T, durch welche der Werkzeughalter auf dem Querbalken R verschiebbar ist, an dem einen Ende mit einem Sperrrade o versehen, in welches der Sperrkegel p einfällt, der an dem einen Ende eines Winkelhebels n sitzt, der sich um die Schraube T frei drehen läßt, und dessen anderes Ende die Zugstange m ergreift. Diese Zugstange steht auch mit dem Hebel l in Verbindung, dessen Drehaxe l′ den Hebelsarm k trägt, welcher auf eigenthümliche Weise in eine auf- und niedergehende Bewegung gesetzt wird. Das Ende des Hebels k greift nämlich mit einem Zapfen in die Nuth einer auf der stehenden Welle e′ befestigten horizontalen Scheibe q. Die Nuth dieser Scheibe geht an einer Stelle aus der Horizontalen heraus und zieht hierdurch den Hebelsarm k nieder und wieder aufwärts; da die Scheibe q eine bestimmte Lage gegen die Kurbel h hat, so fällt die Verschiebung des Hebels k immer mit dem Hubwechsel der Kurbel, also mit dem Ende des Schlittenweges zusammen. Es ist ohne Weiteres ersichtlich, wie durch die Bewegung des Hebels k der Winkelhebel n mit der Sperrklinke p bewegt und das Sperrrad o nach der einen Richtung gedreht wird,

während nach der entgegengesetzten Richtung die Sperrklinke über die Zähne des Rades fortgleitet.

Der Werkzeughalter der auf Taf. XXXIX. dargestellten Hobelmaschine mit drehbarem Stichel ist, so weit es den Mechanismus für die Drehung des Stichels betrifft, bereits auf S. 621 beschrieben worden. Hier wollen wir noch den Mechanismus zum sprungweisen Verrücken des Stichels beschreiben. Wir bemerken gleich zu Anfang, daß eine selbstthätige Verstellung des Stichels nur für die horizontale und für die vertikale Verschiebung stattfinden kann. Will man geneigte Flächen auf dieser Maschine hobeln, so kann dies zwar geschehen, indem man den Schieber Z, welcher sich auf der Platte U mittelst der Schraube x verschieben läßt, gegen die Hauptplatte S schräge stellt, wozu die Schlitze j″ mit den Befestigungsschrauben dienen, allein für diese Stellung kann man weder eine selbstthätige Verschiebung des Schiebers Z, noch eine selbstthätige Drehung des Stichels anwenden.

Die Horizontalverschiebung wird von der Stange N bewirkt, die, wie wir oben gesehen haben (S. 621), an dem einen Ende des Schlittenweges gehoben, am anderen Ende des Schlittenweges niedergezogen wird. Diese Stange trägt zwei Knaggen v^2 v^2, die an einen Zapfen des um die Axe der Leitspindel t frei drehbaren Hebels v^4 (Fig. f) stoßen und so diesen Hebel bald in die Höhe, bald nieder drehen. Der Hebel v^4 trägt zwei Sperrkegel v′, die in die auf der Schraubenspindel t befestigten Sperrräder u u′ einfassen und dieselben beim Niedergange des Hebels v^4 ein bestimmtes Stück herumdrehen. Hierdurch wird die Schraube t bewegt, durch welche der Werkzeughalter verschoben wird. Man bemerkt, daß nur am Ende des einen Schlittenweges eine Drehung der Schraube t und folglich eine Verstellung des Stichels erfolgt, während am Ende des Rückweges nur die Sperrkegel über die Zähne fortgleiten und für den neuen Vorschub ausholen. Um nun auch für den Rückweg eine Spahndicke zum Schnitt zu bekommen, ist der Stichel so eingespannt, daß die Mitte desselben etwas excentrisch zu der Axe liegt, um welche er seine Drehung macht.

Die Vertikalverschiebung des Stichels erfolgt durch Drehung der Schraube, welche den Schieber Z bewegt. Diese Schraube nun trägt oben zwei Sperrräder z und z′ und über denselben eine Hülse y, welche sich frei um die Axe der Schraube drehen kann, aber mit Hebeln für die Sperrkegel versehen ist, die in jene Sperrräder eingreifen; außerdem hat die Hülse y an ihrer Außenfläche spiralförmige Windungen, in welche zwei Stifte b′ (Fig. c) eingreifen, die an dem Hebel Y. sitzen, der, wie wir oben gesehen haben, behufs Drehung des Stichels (S. 621) am Ende des Schlittenweges auf- oder niederbewegt wird. Hierdurch erleidet die Hülse y eine Drehung bald nach der einen Richtung, wobei die Sperrkegel ausholen, bald nach der entgegengesetzten Richtung, wobei die Sperrkegel die Rädchen z z′ verschieben, die Schraube z drehen und den Vorschub bewirken.

§. 109.

Beschreibung einiger ausgeführter Planhobelmaschinen.

Die auf Taf. XXXVIII. und XXXIX. dargestellten Hobelmaschinen sind in ihren Details bereits in den vorigen Paragraphen beschrieben worden, wir wollen hier daher nur eine kurze Erklärung der Bedeutung der einzelnen Figuren und Buchstaben im Zusammenhange geben.

Taf. XXXVIII. Fig. 1 zeigt eine sehr zweckmäßig und bequem construirte Handhobelmaschine, welche in der Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts seit mehreren Jahren mit vielem Erfolg gebraucht wird. Fig. 1^a ist eine Seitenansicht, Fig. 1^b eine Vorderansicht, Fig. 1^c ist eine obere Ansicht des Schlittens, Fig. 1^d eine Seitenansicht desselben, Fig. 1^e ein Vertikalschnitt des Werkzeughalters, Fig. 1^f und 1^g sind Details desselben und Fig. 1^h und 1^i sind Details des Mechanismus für den Vorschub des Stichels. Sämmtliche Figuren sind in $1/8$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Der Schlitten und sein Bewegungs-Mechanismus sind bereits S. 614 und der Support nebst Zubehör S. 624 beschrieben worden.

A ist der Schlitten, B das Bett, C sind die Füße des Bettes, P sind die Streben und P′ die Ständer zur Unterstützung des Supports; Q Q sind die Schrauben, an welchen der Querarm R hängt, und R′ R′ sind die Schrauben zur Feststellung desselben. S ist die Hauptplatte des Werkzeugträgers, T die Leitspindel zur Horizontalverschiebung, U die drehbare Platte, um vertikal oder geneigt zu hobeln, V die zur Verstellung des auf der Platte U gleitenden Schiebers dienende Schraube, W eine Welle zur Bewegung dieser Schraube, Z ist der Schieber, welcher auf der Platte U sich gleitend verschiebt und das Stichelgehäuse trägt.

a sind Nuthen und Einschnitte des Tisches zur Befestigung des Arbeitsstückes; b sind Leisten des Bettes, welche die prismatischen Führungen enthalten, c ist die am Schlitten befestigte Zahnstange, d sind die Führungsleisten des Schlittens, e ist das auf der Triebwelle f befindliche Getriebe und g das Kurbelrad zur Drehung desselben; h ist ein an dem Tisch befestigter Knaggen, welcher auf den Winkelhebel i i′ wirkt, k ist ein mit letzterem verbundener Fallhebel und l ein Kurbelarm zur Bewegung der Stange m, die an den Winkelhebel n angreift und die Sperrräder o o′ mit Hilfe der Klinken p p′ bewegt. q ist ein kleines Getriebe zur Bewegung der Schraube T; r r′ sind konische Räder auf der Welle s, die in den Lagern s′ s′ läuft und durch eine bei s″ aufgesetzte Kurbel zur Höhenstellung des Querbalkens R dient; v und v′, w und w′ sind kleine konische Räder zur Uebertragung der Bewegung von der Welle W an die Schraube V, x ist das Stichelgehäuse, x′ x′ seine scharnierförmige Axe und x″ x″ Schrauben und Klammern zur Befestigung des Stichels.

Die auf Taf. XXXVIII. Fig. 2 dargestellte Hobelmaschine mit elliptischen Rädern ist in den meisten größern Berliner Maschinenfabriken in mehreren Exemplaren im Gebrauch und hat sich als sehr zweckmäßig bewährt. Fig. 2^a ist eine Seitenansicht, Fig. 2^b eine Ansicht von vorn, Fig. 2^c eine

Ansicht von oben, Fig. 2^d und 2^e sind Details des Bewegungs-Mechanismus des Schlittens. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Die Construction des Bewegungs-Mechanismus für den Schlitten ist auf S. 618 und diejenige des Supports mit seinem Mechanismus auf S. 625 erörtert worden.

A ist der Schlitten, B das Bett, C C sind die Füße, D ist eine Stufenscheibe zum Betriebe der Maschine, P sind die Streben und P′ die Ständer des Supportgerüstes, Q Q die Schrauben, an welchen der Querbalken R hängt; S ist die Hauptplatte des Werkzeugträgers, T die Leitspindel zur Horizontalbewegung desselben, U die drehbare Platte, um vertikal oder geneigt zu hobeln, Z der Schieber mit dem Stichelhause, welcher auf der Platte U verschiebbar ist.

a a sind die Nuthen und Oeffnungen im Schlitten, welche zur Befestigung des Arbeitsstückes dienen, b, c, d und e sind Räder zur Bewegung der stehenden Welle e′, von welcher durch die elliptischen Räder f und g die stehende Welle g′ bewegt wird; h ist der Kurbelarm, i die Lenkerstange zur Bewegung des Schlittens; k ist ein Hebelsarm auf der Welle l′, welche auch den Hebel l trägt, durch den mittelst der Zugstange m der Winkelhebel n bewegt wird. o ist ein Sperrrädchen auf der Leitspindel T, und p die zugehörige Sperrklinke. q ist eine mit eigenthümlich construirter Nuth versehene Scheibe zur Bewegung des Hebels k; r und r′ sind konische Räder auf der Welle s, welche in den Lagern s′ s′ läuft und mittelst einer bei s″ befestigten Kurbel zur Höhenstellung des Querbalkens R dient; x ist das Stichelhaus, x′ x′ die scharnierförmige Schwingungsaxe, x″ x″ Klammern und Bolzen zur Befestigung des Stichels.

Taf. XXXIX. giebt eine große Hobelmaschine mit drehbarem Stichel, welche von Whitworth construirt, in der Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts zu Berlin im Gebrauch ist. Die Zeichnungen sind nach Armengaud publication industrielle zusammengestellt.

Fig. a ist die Vorderansicht, Fig. b ein Vertikal-Querschnitt, Fig. c eine Längenansicht, so daß das Bett mit dem Schlitten durchbrochen und zusammengerückt erscheint. Fig. d sind Details des Riemenführers zur Umkuppelung der Bewegung (Vertikalansicht); Fig. e desgleichen (obere Ansicht), Fig. f sind Details des Sperrrades zur Horizontalverstellung, Fig. g ist ein Vertikalschnitt und Fig. h ein Horizontalschnitt durch die Mutter, welche zur Höhenstellung des Querarms dient, Fig. i und k sind Details des Mechanismus, um die vertikale Steuerungsstange N von der horizontalen Steuerungsstange L zu bewegen. Fig. l ist eine obere Ansicht des Werkzeugträgers, Fig. m ein Vertikal-Längenschnitt der ganzen Maschine mit durchbrochenem und zusammengeschobenem Bett und Schlitten. Fig. n ist ein Horizontalschnitt der Wellen und Räder zum Betriebe und zur Umkehrung der Bewegung. Fig. o und p sind Details der Schraube für die Bewegung des Schlittens, Fig. q ist ein Vertikalschnitt des Stichelgehäuses, Fig. r eine obere Ansicht desselben, Fig. s ist ein Horizontalschnitt durch den Querbalken mit dem Werkzeughalter, Fig. t giebt die Construction des Lagers für die obere Welle, die zur Höhenstellung des Querarms dient, Fig. w sind Detail-Construc-

tionen des Stichels. Sämmtliche Figuren sind in einem Maaßstabe von $^2/_{25}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Der Mechanismus für die Bewegung des Schlittens ist S. 616, der Mechanismus für die Drehung des Stichels S. 621 und der Mechanismus für den Vorschub des Stichels nach der Horizontalen und Vertikalen S. 626 beschrieben worden.

A ist das Bett der Maschine, B sind die Füße zur Unterstützung desselben, C ist der Schlitten, D D sind zwei Scheiben, deren Ränder zwischen die Gewinde der Leitspindel E greifen und welche die Stelle der Schraubenmutter vertreten, F F′ F″ sind drei konische Räder für die Uebertragung und Umkehrung der Bewegung für die Leitspindel E; G ist die Haupttriebwelle der Maschine, H eine Losscheibe, H′ und H″ zwei feste Scheiben auf der Welle G, deren Lager I′ I′ sind. J ist der Riemenführer, K ein Winkelhebel zur Bewegung desselben, L ist eine lange horizontale Steuerungsstange, welche in den Lagern L′ L′ verschiebbar ist. M ist ein Excentrik zur Bewegung der Stange N, und O und O′ sind zwei Kloben, welche auf der Stange N befestigt sind, und den Mechanismus zur Drehung und Vertikalschiebung des Stichels bewegen. P P sind zwei starke Streben für die Supportständer P′ P′, welche oben durch den Querriegel P″ verbunden sind. Q Q sind zwei vertikale Schrauben, an denen der Querbalken R hängt, und R′ R′ sind Befestigungsschrauben für letzteren. S ist die Hauptplatte des Werkzeugträgers, S′ S′ sind Führungsleisten für dieselbe. U ist die drehbare Platte, durch deren Stellung man vertikale und auch geneigte Flächen hobeln kann. V ist ein Hebel, der zwischen den Kloben O und O′ beweglich ist, auf der Axe X sitzt und zur Bewegung des Hebelsarmes Y dient, welcher sowohl zur Drehung, als zum Vertikalschub des Stichels benutzt wird. X′ X′ sind die Lager der Welle X, die an dem Querarm fest sind, und X″ ist eine an der Hauptplatte S befestigte Umfassung der Welle X; Z ist der Schieber, welcher zur Vertikalstellung dient und das Stichelgehäuse trägt. A′ ist das drehbare Stichelgehäuse, B′ ein Ring zur Befestigung des Stichelgehäuses in dem Schieber Z, C′ ist ein Arbeitsstück, welches gehobelt wird und auf dem Schlitten befestigt ist.

a a sind Querrippen zur Verstrebung des Schlittens, b b sind Leisten, welche die hohlen Führungsprismen enthalten, c c sind Lappen zur Befestigung des Bettes auf den Füßen; d d prismatische Leisten, die an den Schlitten angegossen sind und in den Führungen b b gleiten; e e′ sind die Axlager für die Wellen f f, welche die Rollen D D tragen; g g sind die Zapfenlager der Schraube E; h ist der treibende Riemen; i die Befestigung für den Riemenführer; j ein auf der Stange L befestigter Kloben zur Bewegung des Riemenführers; k ist der Stützpunkt des Winkelhebels K; l ist eine an der Zugstange L befindliche Zahnstange; l′ l′ sind Kloben, welche auf derselben Zugstange befestigt sind; m ist ein am Schlitten der Drehbank befestigter Knaggen; n ein Zahnbogen auf der Welle o, welche zur Bewegung des Excentriks M dient; p ist ein Zapfen am untern Ende der Stange N, welcher in die Nuth des Excentriks eingreift; q q sind die Führungen für die Stange N; q′ q′ die Schraubenmuttern für die Höhenstellung des Querbalkens R; q″ q″ sind Führungsleisten; r und r′ sind Winkelräder auf der Welle s, die in

den Lagern s' s' sich bewegt und mittelst der Kurbel s'' zur Höhenstellung des Querbalkens R dient; t ist die Leitspindel zur Horizontalverschiebung des Stichels; t'' die zugehörige Schraubenmutter; u u' sind zwei Sperrräder zur Bewegung der Schraube t; v v' sind die eingreifenden Sperrklinken; v^2 v^2 sind zwei Kloben auf der Stange N zur Bewegung der Sperrklinken; v^3 ist eine Kurbel, um die Schraube t mit der Hand zu bewegen; v^4 ist der Hebel für die Sperrkegel. x ist die Schraube zur Vertikalstellung, x' die zugehörige Schraubenmutter; y ist eine mit spiralförmigen Einschnitten versehene Hülse, welche sich auf dem obern Ende der Schraube x dreht und zur Bewegung der Sperrräder z z dient, welche auf der Schraube x befestigt sind und mittelst der an der Hülse y befestigten Sperrklinken z' z' bewegt werden. a' ist ein Ring auf der Hülse y; b' b' sind zwei Schraubenstifte, welche in die spiralförmigen Einschnitte der Hülse y'' eingreifen; c' c' sind zwei Hängeschienen, mittelst derer das Ende des Hebels Y mit der Buchse d' verbunden ist, die das obere Ende der Stange e' bildet, welche zum Drehen des Stichels f' dient. g' und g'' sind Ansätze zur Begrenzung dieser Drehung, ersterer ist an dem Ringe B', letzterer an dem Schieber Z befestigt; h' sind Schraubenmuttern zur Befestigung des Ringes B'; i' ist eine Führungshülse für die Stange e'; j' und j'' sind Führungsprismen für die Bewegung des Schiebers Z auf der Platte U.

§. 110.

Rundhobelmaschinen.

Das Charakteristische der Rundhobelmaschinen ist schon in §. 106, S. 609 angegeben worden, ebenso finden sich die nöthigen Notizen zur Berechnung dieser Maschine in §. 106, S. 610. Wir müssen hier auf jene Angaben verweisen und uns damit begnügen, die Construction und Wirkungsweise dieser Maschinen, deren Anwendung erst seit einigen Jahren allgemeiner zu werden beginnt, an einem Beispiel zu erläutern.

Taf. XXXI. Fig. 1 zeigt eine Rundhobelmaschine englischer Construction, wie sie gegenwärtig in vielen Berliner Fabriken mit Erfolg in Anwendung ist. Fig. 1^a ist die Seitenansicht, Fig. 1^b die Vorderansicht der Maschine, Fig. 1^c giebt einen Vertikalquerschnitt, Fig. 1^d eine obere Ansicht, Fig. 1^e ist das Detail der sprungweisen Vorrückung des Arbeitsstückes, Fig. 1^f, 1^g und 1^h sind Details des Stichelhauses, Fig. 1^i Details des Krummzapfens zur Bewegung des Stichels; Fig. 1^k 1^l und 1^m geben Details der Vorrichtung zur Bewegung des Arbeitsstückes. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{15}$ der natürlichen Größe gezeichnet, nach Armengaud publication industrielle.

Das Gerüst der Maschine besteht aus einem Bett A, welches auf zwei Füßen B B ruht. Das Bett A trägt das Gehäuse C und die beiden Axlager D D', außerdem kann an der Vorderfläche des Bettes A noch ein Support E' angeschraubt werden. In den Axlagern D D' läuft die Hauptbetriebswelle F, welche folgende Bewegungstheile trägt:

Am äußersten Ende das Schwungrad G, welches die Bewegung der

Maschine gleichförmiger machen soll, sodann ein Kreis-Excentrik H zur Bewegung des Vorschubes für das Arbeitsstück. Beide Theile befinden sich außerhalb des Lagers D, es folgt sodann zwischen den Lagern D und D′ auf der Triebwelle F die Stufenscheibe J, welche die Bewegung von der treibenden Welle der Fabrik empfängt, und endlich sitzt noch auf der Welle F außerhalb des Lagers D′ der Krummzapfen K, welcher mittelst der Lenkerstange L das in dem Gehäuse C gleitende Prisma M bewegt. An demselben befindet sich die Platte N, auf welcher der Schieber O vertikal verschiebbar ist, und dieser Schieber O trägt das Stichelhaus P. Das Gehäuse C dient noch einer starken Drehaxe Q als Lager; auf dieser Axe werden Gegenstände befestigt, die rund gehobelt werden sollen.

Nach diesem allgemeinen Bilde von der Maschine wollen wir die einzelnen Hauptheile derselben näher untersuchen.

1) Der Stichel mit seinem Bewegungs-Mechanismus.

Da der Stichel a nur beim Vorwärtsgange schneidet, so muß er beim Rückgange gleiten können; er ist also wie bei den Planhobelmaschinen mit seinem Stichelhause P, in welchem er durch die Schrauben b b befestigt wird, um zwei als Scharnier wirkende Bolzen c c drehbar. Um die Breite des zu schneidenden Spahns zu bestimmen, und um den Stichel gegen die zu bearbeitende Oberfläche genau einzustellen, ist das Stichelhaus mit dem Schieber O auf der Platte N mit Hilfe der Schraube d und des Rädchens d′ verstellbar. Dies ist die einzige vertikale Verschiebung, welche die Maschine zuläßt, sie wirkt nicht selbstthätig und kann auch nicht gegen die Vertikale geneigt werden, wie dies bei dem Werkzeughalter der Planhobelmaschinen der Fall ist. Der Weg des Stichels ist in doppelter Weise veränderlich; einmal nämlich kann die Länge des Stichelweges geändert werden, und dann läßt sich auch der Anfangspunkt des Stichelweges verlegen. Die Aenderung der Weglänge geschieht sehr einfach dadurch, daß man den Angriffspunkt der Lenkerstange L an den Kurbelarm K der Drehaxe näher oder entfernter rückt und befestigt. Hierzu dient die Nuth e in dem Kurbelarm K, in welcher der Scharnierbolzen f gleitend zu verschieben und festzustellen ist. Um den Anfangspunkt des Stichelweges zu verlegen, hat auch der Angriffspunkt der Lenkerstanger L an das Prisma M eine ähnliche Construction; vermöge der Nuth e′ und des Scharnierbolzens f′ kann man den Abstand des Angriffspunktes f′ von dem Stichel a ändern, und damit den Stichelweg mehr vorwärts oder mehr zurück verlegen.

2) Die Vorrichtung zum Rundhobeln.

Die Vorrichtung zum Rundhobeln setzt voraus, daß das zu bearbeitende Stück bereits eine Höhlung besitze, um es aufspannen zu können. Zu diesem Zweck dient die hohle Axe Q, welche in Fig. 1ᵐ besonders dargestellt ist. In dieser Axe ist eine Stange g mittelst eines Keils h befestigt, und auf dieser Stange befinden sich zwei Stahlkegel i und i′, zwischen beide wird das zu befestigende Stück g′ geschoben und dann werden die Kegel mit Hilfe der Schraubenmutter k

scharf angezogen und in die Höhlung des Arbeitsstückes hineingedrängt, wodurch selbiges hinreichend festgeklemmt wird.

Die Axe Q muß nach Vollendung jedes Schnittes um die Spahndicke weiter gedreht werden, um dem Stichel für den neuen Schnitt Arbeit zu geben. Bei dieser Drehung muß die Axe Q sehr sicher und ohne zu schlottern in ihren Lagern sich bewegen; sie ist zu diesem Zweck bei l mit einem konischen Ansatz versehen und dieser wird in die entsprechende Höhlung des Lagers eingepreßt. Hierzu dient der Schraubenbolzen m, welcher durch die hohle Axe geschoben und mittelst der Schraubenmutter m′ angezogen werden kann, wobei einerseits der Schraubenbolzen m mit seinem konischen Kopf m″ (Fig. 1^m punktirt) sich an der hohlen Spindel festlegt, andererseits das auf der Axe Q mit Nuth und Feder aufgeschobene Schneckenrad n den Anschluß zwischen der Mutter m′ und dem Gehäuse C vermittelt; n′ ist eine Gegenmutter.

Das Schneckenrad n wird vermöge der Schraube ohne Ende o bewegt (Fig. 1^d punktirt), welche auf der Welle o′ sitzt; die Drehung dieser Welle geschieht entweder mit der Hand mittelst der Kurbel p, oder selbstthätig durch die Maschine mit Hilfe des auf der Welle o′ befestigten Sperrrades q (vergl. Fig. 1^e), welches mittelst des Hebels r mit der Sperrklinke r′ vorgeschoben wird. Dieser Hebel bekommt seine Bewegung durch die Zugstange s von dem Hebel t, welcher durch die Zugstange u von dem auf der Welle F befindlichen Kreis-Excentrik H hin- und hergeschoben wird. Durch Verstellung des Angriffspunktes der Stange s an den Hebel r kann man den Ausschlag des Sperrkegels r′ und somit den drehenden Vorschub des Arbeitsstückes g′ und also auch die Spahndicke reguliren.

3) Die Vorrichtung zum Planhobeln.

Man kann die in Rede stehende kleine Maschine auch zum Planhobeln benutzen, jedoch lassen sich durch selbstthätige Verstellung des Arbeitsstückes nur horizontale Flächen hobeln. Will man planhobeln, so benutzt man den Support E, nachdem man die Theile g, g′, h, i, i′, k entfernt hat. Der Support E besteht aus einem quer vor der Vorderwand des Bettes angeschraubten Rahmen v, auf welchem ein vertikaler Schlitten w in horizontaler Richtung verschiebbar ist; auf diesem Schlitten wird mit Hilfe der Nuthen w′ w′ das Arbeitsstück mittelst Klammern und Bolzen befestigt und der Arbeit des Stichels ausgesetzt. Die Verschiebung des Schlittens w geschieht vermöge der Schraube x und der an dem Schlitten befestigten Schraubenmutter x′, entweder mit Hilfe der Kurbel x″, welche man mit der Hand bewegt, oder selbstthätig durch die Maschine mittelst des Sperrrades y, das auf der Schraubenspindel x befestigt ist und von der Sperrklinke t′ an dem Hebel t bewegt wird. Die Bewegung des Hebels t ist schon oben unter Nr. 2 beschrieben worden.

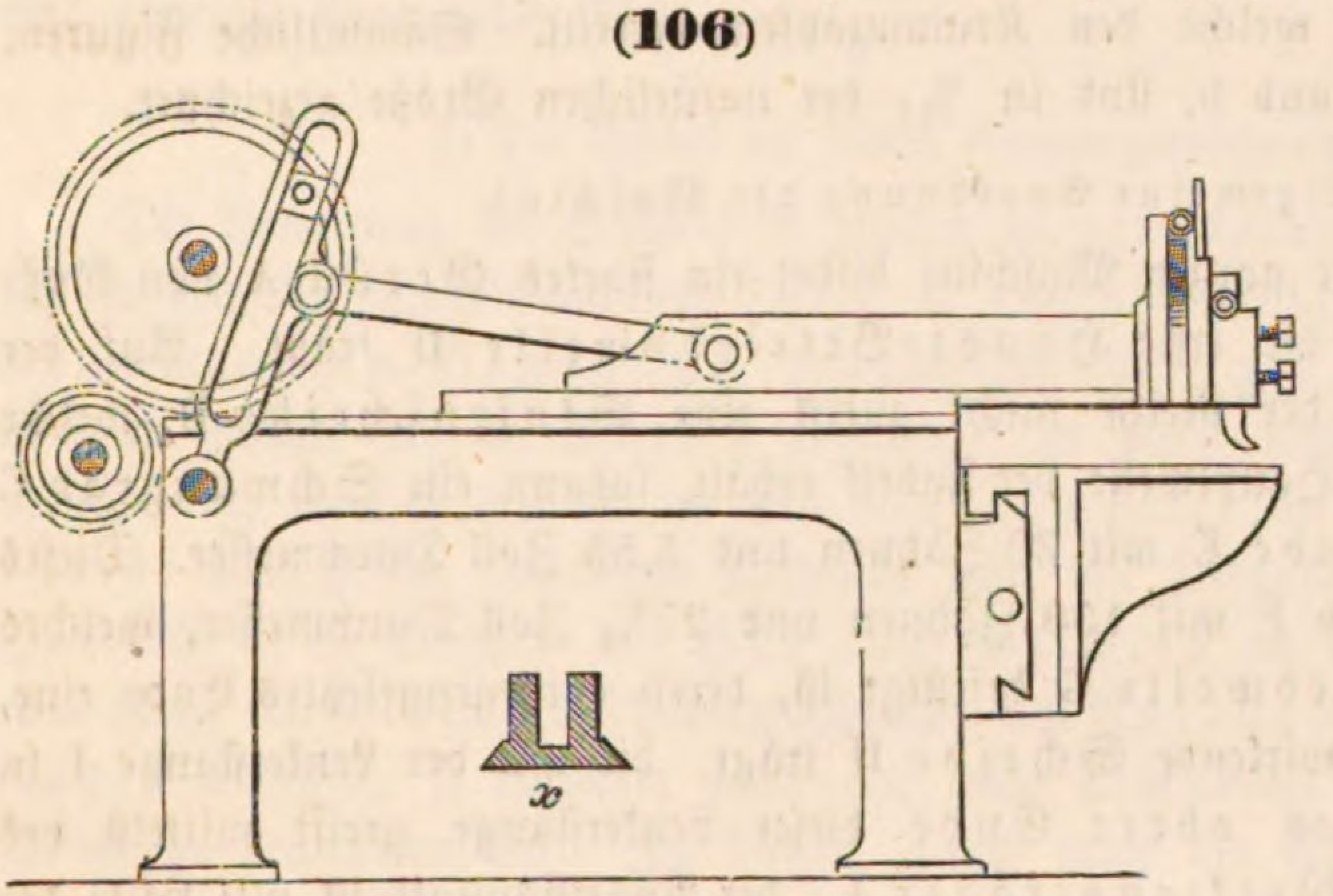
Schließlich ist noch zu bemerken, daß der Ständer z zur Aufnahme eines Wasser- oder Oelbehälters dient, welcher die nöthige Flüssigkeit bei der Bearbeitung von Schmiedeeisen und Stahl liefert.

Verschiedenheiten in der Construction der Rundhobelmaschinen.

Die auf Taf. **XXXI.** Fig. 1 mitgetheilte und im Vorstehenden beschriebene Rundhobelmaschine macht den Charakter dieser Maschine und ihre gewöhnliche Construction vollkommen anschaulich; indessen hat man in neuerer Zeit noch mancherlei Modifikationen dieser Maschinen vorgenommen. Hierzu sind im Wesentlichen folgende zu rechnen:

1) Man hat das Princip, daß der Stichel während des Schnittes sich langsamer bewegen soll, als während des Rückganges, auch hier eingeführt, und hierbei das auf S. 619 (Holzschnitt 105) besprochene System befolgt. Ein Beispiel hierzu ist in dem Holzschnitt 106 skizzirt worden, und wird ohne weitere Beschreibung verständlich sein. Zu bemerken ist nur, daß das Prisma mit dem Stichel die bei x gezeichnete Querschnittsform hat; die beiden schwalbenschwanzförmigen Ansätze gleiten zwischen Führungen, die auf dem Bett der Maschine befestigt sind, und die Lenkerstange faßt in den zwischen den beiden vertikalen Schenkeln gebildeten Einschnitt.

(106)



2) Um nicht nur convexe, sondern auch concave Oberflächen hobeln zu können, hat man dem Stichelhause eine solche Construction gegeben, daß sich der Stichel um eine über dem Arbeitsstück liegende Axe während der Arbeit drehen läßt, während das Arbeitsstück entweder ganz fest steht, oder eine Seitenverschiebung macht. Auch diese Anordnung ist durch den Holzschnitt 106 angedeutet worden.

3) Bei Rundhobelmaschinen von größern Dimensionen hat man den Betrieb in die Mitte gelegt und das Prisma zu beiden Seiten desselben angeordnet; auf der einen Seite ist die Vorrichtung zum Rundhobeln, auf der andern Seite der Support für das Planhobeln angebracht.

§. 111.

Nuthenstoßmaschinen.

Die Nuthenstoßmaschinen haben wir nach ihrer allgemeinen Anordnung schon in §. 106 charakterisirt; auch finden sich in §. 106 die nöthigen Notizen zu ihrer Berechnung. Hier wollen wir die Construction einer solchen Maschine an einem Beispiel erläutern.

Taf. **XL.** stellt eine starke Nuthenstoßmaschine nach englischer

Construction und nach Zeichnungen in Armengaud publication industrielle dar. Fig. a ist die Hauptansicht der Maschine von der Seite, Fig. b eine solche von hinten, Fig. c und d geben Querschnitte des Gerüstes an verschiedenen (mit 1—2 und 3—4 in Fig. a bezeichneten) Stellen. Fig. e ist eine Ansicht der Maschine von vorn mit theilweisem Durchschnitt, Fig. f und g sind Details des Stichels in größerm Maaßstabe, Fig. h ist ein Detail des Stichelhalters. Fig. i ist eine Ansicht der ganzen Maschine von oben, Fig. k ist eine obere Ansicht des Arbeitstisches, Fig. l und m sind Details des Arbeitstisches, Fig. n ist eine Ansicht des Vorschubes, Fig. o giebt Details des Angriffspunktes der Lenkerstange, und Fig. p Details der Scheibe, welche den Krummzapfen vertritt. Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von g und h, sind in $1/_{15}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Allgemeine Anordnung der Maschine.

Die Grundlage der ganzen Maschine bildet ein starkes Gerüst A von Gußeisen, welches zunächst die erste Haupt-Betriebswelle D trägt. Auf der Welle D sind befestigt der Reihe nach: zuerst eine Stufenscheibe B, welche die Bewegung von der Hauptwelle der Fabrik erhält, sodann ein Schwungrad C und endlich ein Getriebe E mit 30 Zähnen und 5,55 Zoll Durchmesser. Dieses greift in das Zahnrad F mit 150 Zähnen und $27^3/_4$ Zoll Durchmesser, welches auf der zweiten Triebwelle G befestigt ist, deren entgegengesetztes Ende eine, als Krummzapfen wirkende Scheibe H trägt, die mit der Lenkerstange I in Verbindung steht. Das obere Ende dieser Lenkerstange greift mittelst des Scharniers J an den Werkzeugträger L; der Angriffspunkt ist mit Hilfe der Schraube K verstellbar. Der Werkzeugträger L trägt den Stichel M, welcher durch Klammern NN an demselben befestigt ist; derselbe gleitet zwischen Coulissen-Führungen P P, die an dem Ständer A angebracht, aber durch ein starkes Band von Schmiedeeisen, in Form einer Lyra O, mit einander in sichere Verbindung gebracht sind. Q ist ein zu bearbeitendes Rad (das Arbeitsstück), welches auf dem Arbeitstisch R befestigt und mittelst des an der Peripherie des letztern befindlichen Schneckenrades und der eingreifenden Schraube ohne Ende S drehbar ist. Außerdem hat der Arbeitstisch noch eine Längenverschiebung, indem der Schlitten T, welcher ihn trägt, auf einem Rahmen U zwischen Coulissen verschiebbar ist. Dieser ganze Rahmen kann in geneigte Lage gebracht werden, indem man ihn an einem Ende mit Hilfe der vertikalen Schraube V hebt. Zur Horizontalverschiebung des Rahmens U dient die Schraube X, die mit einem Sperrrade Y von $27^1/_4$ Zoll Durchmesser versehen ist, und bei jeder Umdrehung des Rades F mittelst des Klinkhebels Z eine kurze Drehung erleidet.

Dies ist die allgemeine Disposition der Maschine, deren einzelne Eigenthümlichkeiten wir nun erörtern wollen.

1) Das Gerüst mit Zubehör.

Das massive Gerüst A hat unten einen Flansch a a, mit welchem es auf dem Fundament mit Hilfe von Schraubenbolzen befestigt ist. Der untere

vordere Theil b b des Gerüstes ist halbkreisförmig ausgehöhlt (vergl. Fig. l), um die Spähne, welche bei der Arbeit sich bilden, bequem abzuführen. Oben bei c c′ befinden sich flache vertikale Lappen, an welche die Lyra O mit den Führungsstücken angeschraubt ist; zwei andere horizontale Lappen d d dienen zur Aufnahme der Lager j j für die zweite Triebaxe, während die Lager i i für die erste Triebaxe zwischen den Vorsprüngen e e des Gerüstes befestigt sind. Da wo diese beiden Wellen durch das Gerüst gehen, ist dasselbe mit den Verstärkungen f und g versehen; endlich ist noch auf die Durchbrechung h aufmerksam zu machen, welche quer durch den untern Theil des Gerüstes geht und den Zweck hat, die Muttern für die Schraube V aufzunehmen, durch welche man dem Arbeitstisch eine geneigte Lage geben kann.

2) Der Stichel mit seinem Bewegungsmechanismus.

Die Bewegung des Stichels M erfolgt in vertikaler Richtung im Gegensatz zu den Rundhobelmaschinen (vergl. §. 106 und §. 110); sie wird durch eine Krummzapfen-Bewegung herbeigeführt und geht von der Scheibe H aus, in welcher sich die Nuth k befindet. In dieser Nuth ist ein Gleitstück l verschiebbar, welches mittelst der Schraubenmutter m und der Unterlagsscheibe n in jedem beliebigen Abstande von der Drehaxe befestigt werden kann. Hierdurch ist es möglich den Hub des Stichels zu verändern. Man kann aber auch, wie bei den Rundhobelmaschinen, den Anfangspunkt des Stichelweges verlegen, je nachdem man auf dem Arbeitstisch dickere oder schwächere Stücke zu bearbeiten hat. Zu diesem Zweck muß der Angriffspunkt der Lenkerstange I an dem Werkzeugträger L veränderlich sein; es ist deshalb das Scharnier J (Fig. o) durch die Schraube K gegen den Stichelhalter L zu verschieben. o ist die Mutter der Schraube K, und o′ (Fig. a, b, e und i) ist ein Bügel, der an dem Werkzeugträger L befestigt ist und zur Führung der Schraube K dient. Die Befestigung der Stichels M (Fig. a, e und h) erfolgt durch die Klammern N N, welche in einer Nuth p des Werkzeugträgers verschiebbar sind und sich durch die Schrauben q q, die zunächst gegen die Einlagen r r pressen, anziehen lassen.

3) Der Arbeitstisch mit seinem Mechanismus.

Die Platte des Arbeitstisches R ist behufs Befestigung des Arbeitsstückes Q mit vier längern s s und vier kürzern Nuthen s′ s′ versehen, welche zur Aufnahme von Bolzenköpfen dienen. Nachdem das Arbeitsstück auf dem Tische befestigt ist, kann man denselben mit Hilfe der Schraube ohne Ende S, deren Axe durch die Lager u u unterstützt ist, mittelst der Kurbel t drehen, um ihn gegen den Stichel in die richtige Lage zu bringen. Außer dieser Drehung sind noch zwei andere Stellungen möglich, nämlich die geneigte Lage des Arbeitstisches und die eine Horizontalverschiebung, wobei die Platte T, welche den Tisch trägt, zwischen den auf dem Rahmen U befestigten Coulissen v v gleitet. Nur für diese letztgenannte Verschiebung ist ein von der Maschine bewegter selbstthätiger Mechanismus angeordnet.

Um die geneigte Lage der Tischplatte zu bewirken, ruht der Rahmen U

mit den Ansätzen x x auf den Zapfen y y, welche an dem Vordertheil b des Gerüstes A befindlich sind, und kann auf denselben mit Hilfe der Ohren z z und der Centrirungsschrauben a′ a′ so eingestellt werden, daß er um die Axe a′ a′ eine schwingende Bewegung machen kann. Am andern Ende des Rahmens U befindet sich ein Ansatz b′, gegen welchen die Stellschraube V wirkt, die in dem Ausschnitt h durch Mutter und Gegenmutter festgestellt werden kann.

Der Mechanismus zur geradlinigen Verschiebung des Arbeitstisches, welcher nicht nur bei horizontaler Lage desselben, sondern auch noch dann angewandt werden kann, wenn der Arbeitstisch eine geringe Neigung hat, wird durch die Schraube X, das Sperrrad Y und den Klinkhebel Z gebildet. Die Mutter d′ der Schraube X ist mittelst eines Ueberfalls e′ e′ an dem Gerüst A befestigt, so daß sie drehbar, aber nicht verschiebbar ist; zur Drehung dient das Sperrrad Y, das auf der Mutter befestigt ist und von dem Klinkhebel Z verschoben wird. Zu diesem Behufe ist der Hebel Z um den Zapfen f′ frei drehbar, sein Ausschlag kann aber durch das Stück g′, welches mit seinem Schlitz in verschiedenen Stellungen sich am Gerüst A befestigen läßt, geregelt werden. An dem einen Ende des Hebels Z ist der Sperrkegel h′ angebracht, welcher zwischen die Zähne des Sperrrades greift; gegen das andere Ende wirkt ein an dem Rade F befestigter Zapfen i, der bei jeder Umdrehung des Rades F den Hebel Z einmal zur Seite drückt und dadurch das Sperrrad dreht. Eine Feder j′ zieht den Hebel Z wieder zurück, wobei der Sperrkegel h′ um so viele Zähne des Sperrrades Y schleift, als der durch den Knaggen g′ begrenzte Ausschlag des Hebels Z gestattet.

Verschiedenheiten in der Construction der Nuthenstoßmaschinen.

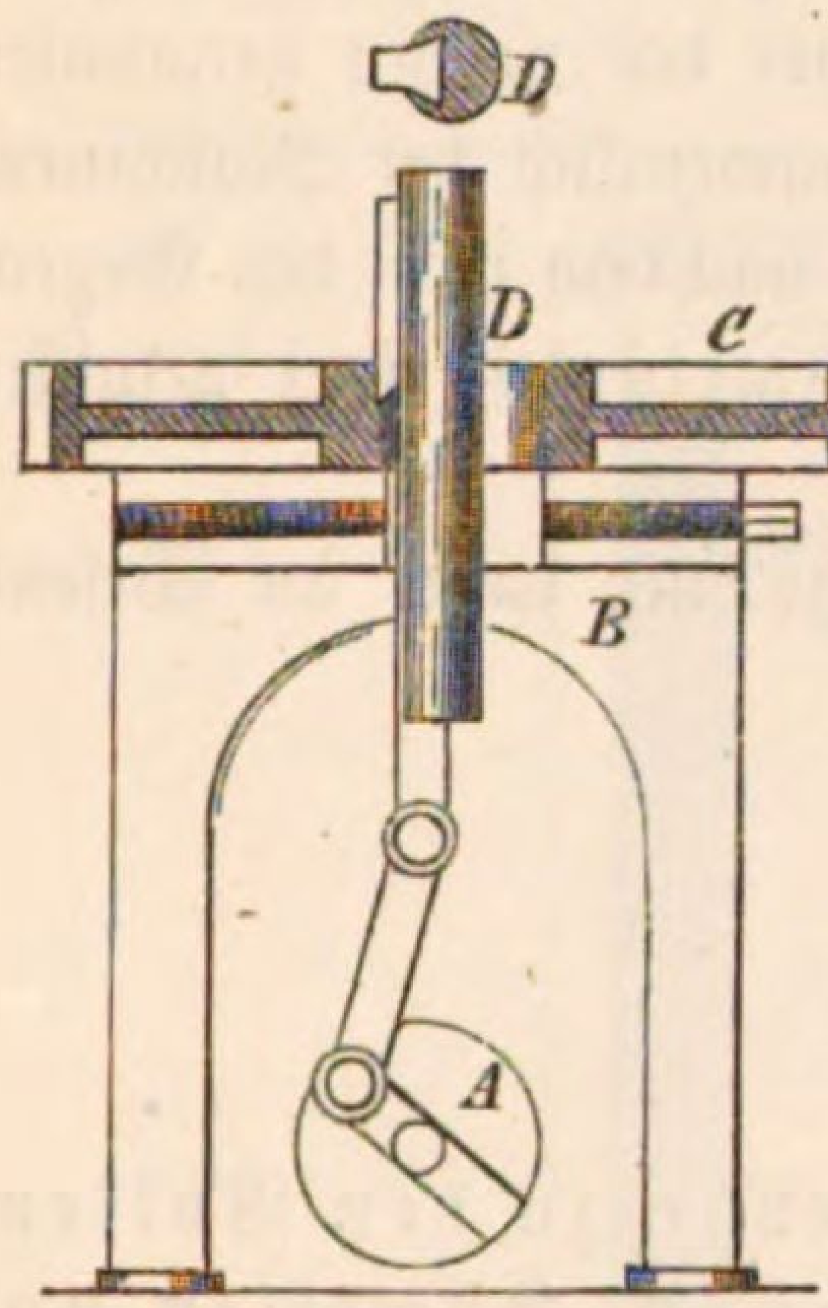
Die Construction der Nuthenstoßmaschinen, deren Grundcharakter die auf Taf. XL. dargestellte und vorhin beschriebene Maschine erläutert, ist noch mancherlei Veränderungen fähig. Zu den wichtigsten derselben gehören folgende:

1) Der Arbeitstisch, welcher bei der oben beschriebenen Maschine nur eine drehende Bewegung und eine geradlinige Bewegung hat, kann noch eine zweite geradlinige Bewegung nach einer zu der ersten normalen Richtung erhalten, wenn man auf den Schieber T, welcher auf dem Rahmen U gleitet, noch einen zweiten Schieber, der nach einer Querrichtung verschiebbar ist, anordnet, denselben mittelst Leitspindel beweglich macht und auf diesem zweiten Schieber erst die drehbare Tischplatte anbringt. Von dieser Construction ist z. B. eine im Engineer and Machinist's Assistant mitgetheilte von Caird et Comp. in Greenock construirte Nuthenstoßmaschine.

2) Die Anordnung eines Ständers, an dessen Ausladungen man den Werkzeugträger und dessen Bewegungs-Mechanismus anbringt, läßt nur die Verwendung dieser Maschinen für die Bearbeitung von Gegenständen zu, die einen mäßigen Durchmesser (6 bis 7 Fuß) haben. Will man die Naben größerer Räder mit Nuthen versehen, so pflegt man die Nuthenstoßmaschinen mit zwei oder mehreren Säulen anzuordnen, welche ein Gebälk tragen, zwischen dessen Führungen sich der Werkzeugträger bewegt.

3) Eine andere Anordnung der Nuthenstoßmaschinen, welche die Bearbeitung von Gegenständen gestattet, die sehr große Durchmesser haben, ist durch den Holzschnitt 107 angedeutet. Hier liegt die Scheibe, welche die Krummzapfen-Bewegung bewirkt A, unter dem Tische B, auf dem das Arbeitsstück C befestigt wird. Der Werkzeughalter D wird in dem Gerüste geführt und der Tisch bekommt eine Drehbarkeit und eine Verschiebbarkeit wie bei den früher beschriebenen Anordnungen.

(107)



4) Die Bewegung des Werkzeugträgers ist anstatt durch einen Krummzapfen auch durch eine Schraube mit mehrfachem Gewinde bewirkt worden. Eine solche von Whitworth construirte Nuthenstoßmaschine ist in dem Engineer and Machinist's Assistant mitgetheilt; der Bewegungs-Mechanismus ist ziemlich übereinstimmend mit demjenigen, welchen die auf Taf. XXXIX. dargestellte Hobelmaschine mit Schraubenbewegung zeigt; natürlich ist, dem Zweck der Maschine entsprechend, die Schraube vertikal gestellt worden und die Scheiben, welche die Stelle der Mutter vertreten (vergl. die Beschreibung, S. 615) sind an dem Werkzeugträger angebracht.

§. 112.

Vollendungsarbeiten. — Meißeln, Feilen und Schleifen.

Wir haben bereits zu Anfange dieses Abschnittes in §. 93 angeführt, daß jeder Maschinentheil, nachdem vorher durch Schmieden oder durch Gießen seine rohe Form hergestellt worden ist, behufs seiner Vollendung in den mechanischen Werkstätten zuerst der Bearbeitung durch Werkzeugmaschinen und zuletzt der Vollendung durch Handarbeit unterworfen wird. Der Gang der Arbeiten ist hierbei in der Regel folgender:

1) Zuerst wird das Abdrehen und überhaupt jede auf der Drehbank vorzunehmende Arbeit gemacht; sodann folgt
2) das Ausbohren oder das Abdrehen von Innen, falls man dasselbe auf besondern Cylinderbohrmaschinen vornimmt.
3) Hierauf werden alle auf der Hobelmaschine vorzunehmenden Arbeiten ausgeführt;
4) dann folgt die Anwendung der Bohrmaschine, indem nun alle aus dem Vollen zu bohrenden Löcher hergestellt werden;
5) hierauf werden sämmtliche Schrauben und Muttergewinde geschnitten.

Die Werkzeugmaschinen, welche zuletzt Anwendung finden, sind

6) die Rundhobelmaschinen und die Nuthenstoßmaschinen.

Nach diesen Operationen erfolgt die Vollendung des Gegenstandes durch Feilen und durch Schleifen.

Die Bearbeitung durch Feilen und durch Schleifen geschieht zwar zuweilen schon, indem der Gegenstand sich noch auf einer der vorhin genannten Werkzeugmaschinen befindet, in den allermeisten Fällen, namentlich bei Maschinentheilen von geringem Umfange, erfolgt diese Bearbeitung, nachdem man den Gegenstand in einem Schraubstock befestigt und ihn durch Abmeißeln einer gewissen Vorarbeit unterworfen hat.

Die zu den Vollendungsarbeiten nöthigen Werkzeuge sind daher im Wesentlichen:

1) der Schraubstock;
2) die Meißel;
3) die verschiedenen Arten von Feilen;
4) die Vorrichtungen zum Schleifen.

Außerdem hat man noch mancherlei Hilfswerkzeuge zu den Vollendungsarbeiten nöthig, die entweder zum Vorzeichnen, Abmessen und Eintheilen (Zirkel, Winkel, Lehren, Schablonen), oder zur Ersetzung gewisser auf den Werkzeugmaschinen vorzunehmender Arbeiten durch Handarbeit (z. B. Bohren mittelst Handbetrieb, Schraubenschneiden, Abschneiden u. s. w.), oder zur Nachhilfe für manche nicht vollkommen oder nicht vollständig ausgeführte Operationen (Reibahlen, Senker, Grabstichel), oder zur Verzierung und Bezeichnung (Punzen, Stanzen, Stempel u. s. w.) dienen. Wir müssen darauf verzichten, die hier kurz erwähnten Handwerkzeuge einer eingehenden Erörterung zu unterwerfen, da sie theils bekannt genug sind, theils ihre Construction von der Gewohnheit und von der Geschicklichkeit der einzelnen Arbeiter abhängig ist, theils endlich weil ihre Anwendung zur Bearbeitung der Metalle, so wichtig und interessant sie im Allgemeinen ist, doch in den Maschinenfabriken größtentheils eine nur untergeordnete Bedeutung hat.

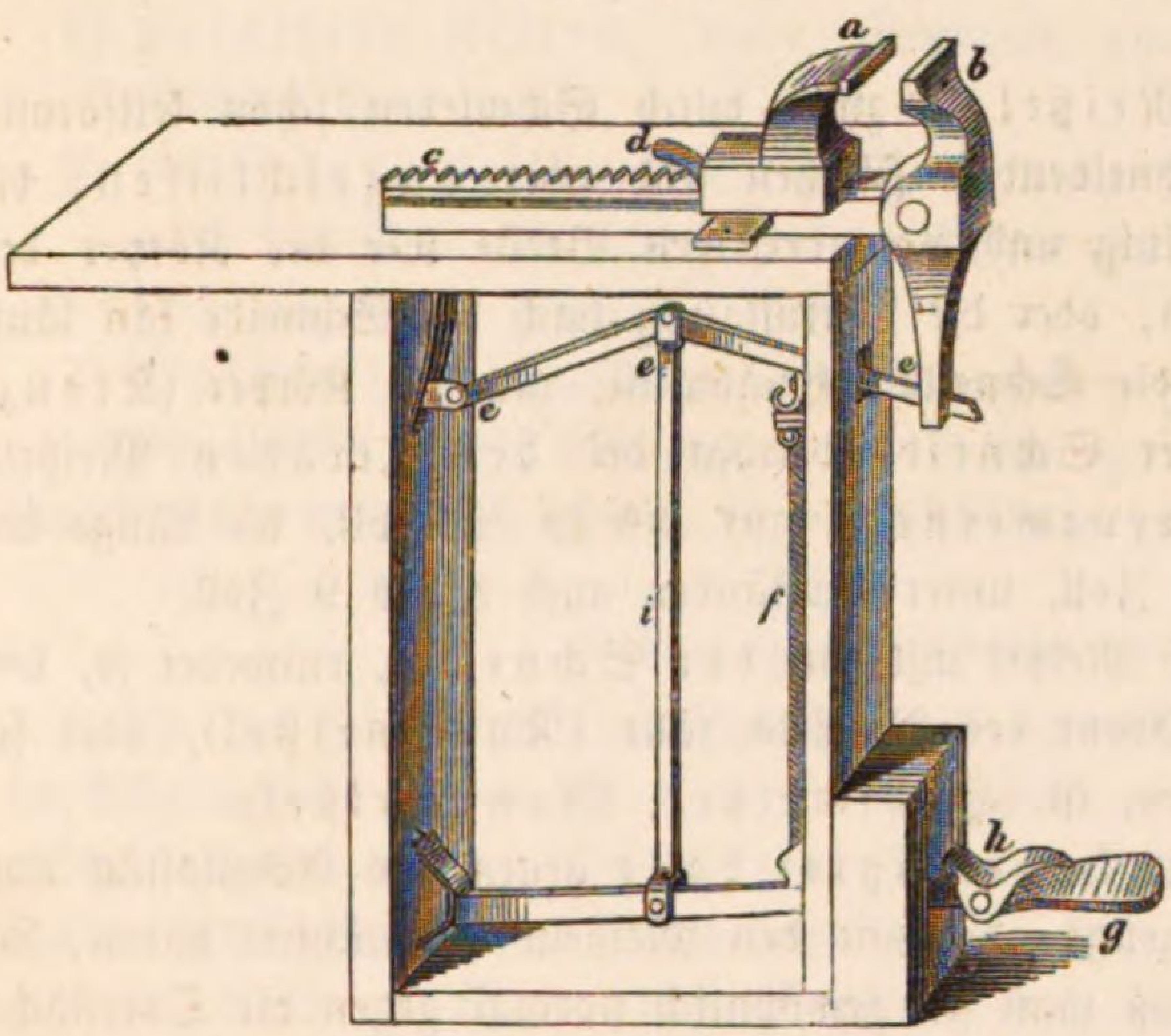
Ueber die vier obengenannten Werkzeuge wollen wir noch einige Notizen geben.

1) Der Schraubstock.

Die Schraubstöcke sind meist von Schmiedeeisen, nur die zum Festklammern der Arbeitsstücke unmittelbar bestimmten Theile, die Backen, sind von Stahl. Die Backen zusammen bilden das Maul des Schraubstockes; sie werden mittelst einer eisernen Schraube einander genähert oder von einander entfernt, wobei gewöhnlich der eine Backen an dem Werktische (Werkbank, Feilbank) befestigt und nur der andere Backen beweglich ist. Diese Bewegung erfolgt entweder nach Art einer Zange, indem sich der bewegliche Backen um ein Scharnier dreht, oder sie erfolgt so, daß der bewegliche Backen sich parallel mit dem festen Backen verschiebt. Die Schraubstöcke der letzten Anordnung nennt man Parallel-Schraubstöcke. Ein gewöhnlicher Zangen-Schraubstock ist auf Taf. IV. in Figur 3 bei Gelegenheit der Feldschmiede dargestellt. Anstatt der Schraube bedient man sich auch wohl der Zahnstangen, Hebel u. dergl., um den beweglichen Backen gegen den festen zu verschieben. Der Holzschnitt 108 zeigt einen mittelst

Kniehebel anzuspannenden Schraubstock amerikanischer Construction. a ist der feste Backen, gegen welchen der drehbare Backen b gepreßt wird; der

(108)



Backen a ist seinerseits mittelst der Zahnstange c und der Sperrklinke d nach der Dicke des einzuspannenden Stückes verstellbar; e e ist ein Kniehebel, welcher gegen den untern Theil des drehbaren Backens wirkt und durch die Zugstange i mit einem Tritthebel zusammenhängt, welcher bei g mit dem Fuß niedergetreten wird, sobald man ein Stück einspannen will. Ist der Tritthebel niedergedrückt, so fällt eine Sperrklinke h gegen entsprechende Sperrzähne ein und hält den Hebel in der Stellung fest. Um das Stück wieder zu lösen, tritt man mit dem Fuß die Sperrklinke h los, worauf der Tritthebel g durch die Feder f in die Höhe gezogen wird.

Wenn man in den Schraubstock Gegenstände einzuspannen hat, die schon bearbeitet sind und deren Oberfläche man schonen will, so wendet man Futter von Bleiplatten, von Kupferblech oder von Holz an, mit denen man die Backen bedeckt.

Die Schraubstöcke werden nach ihrem Gewicht verkauft; die in Maschinenfabriken gebräuchlichen Schraubstöcke wiegen 25 bis 70 Pfund, doch hat man auch größere bis zu einen Centner, welche in Schmiedewerkstätten und bei groben und schweren Arbeiten benutzt werden, und andererseits hat man auch sehr kleine Schraubstöcke bis zum Gewicht von 1 Pfund und darunter, welche in Uhrmacher-Werkstätten u. s. w. Anwendung finden.

2) Die Meißel.

Die Meißel braucht man theils, um die gröbsten Theile der zu bearbeitenden Flächen fortzuhauen, theils um Einschnitte, Einkerbungen, Nuthen, Oeffnungen auszuarbeiten. Im Allgemeinen ist die Arbeit mit dem Meißel die Vorarbeit der Bearbeitung mit der Feile. Die Meißel werden von dem Arbeiter mit der linken Hand geführt, während er mit der rechten Hand auf den Kopf des Meißels die Schläge des Hammers führt; das zu bearbeitende Stück ist dabei entweder in dem Schraubstock befestigt, oder es liegt durch sein Gewicht fest genug.

Zum Unterschiede von den Schrotmeißeln, die man beim Schmieden braucht, heißen diese Meißel „Bankmeißel", oder da sie nur für Metall von gewöhnlicher Temperatur angewendet werden „Kaltmeißel". Sie sind gewöhn-

lich aus Gußstahl und an der Schneide sehr hart, am Kopf aber ungehärtet; man nennt sie dann „Hartmeißel". Zum Bearbeiten weniger harter Oberflächen kann man auch Meißel aus gewöhnlichem Stahl anwenden und von geringerer Härte.

Die Schneide der Meißel ist zwar durch Schmieden schon keilförmig zugeschärft; die eigentlich schneidenden Flächen sind aber angeschliffen; die Schneide ist entweder geradlinig und von derselben Breite wie der Körper des Meißels (gerade Meißel), oder die Verjüngung nach der Schneide hin läuft von vier Seiten zu, so daß die Schneide schmäler ist, als der Körper (Kreuzmeißel). Die Breite der Schneide beträgt bei den geraden Meißeln bis zu 1½ Zoll, bei den Kreuzmeißeln nur bis zu ½ Zoll, die Länge des Meißels ist etwa 2½ bis 4 Zoll, unter Umständen auch 8 bis 9 Zoll.

Man hat übrigens auch Meißel mit runder Schneide, entweder so, daß die Rundung in die Mittel-Ebene des Meißels fällt (Rundmeißel), oder so, daß sie normal zu dieser Ebene ist (Hohlmeißel, Mondmeißel).

Die Meißel werden stets in geneigter Lage gegen das Arbeitsstück aufgesetzt (vergl. §. 94). Werkzeuge, die mit den Meißeln Aehnlichkeit haben, sich aber dadurch unterscheiden, daß man sie gewöhnlich normal gegen die Oberfläche, welche bearbeitet werden soll, aufsetzt, sind die Körner zur Darstellung von kegelförmigen Grübchen und die Punzen zur Erzeugung von Eindrücken mancherlei Art und Form.

3) Die Feilen.

Unter Feilen versteht man Stäbe von Stahl, deren Oberfläche so aufgehauen ist, daß sie mehr oder weniger feine Zähne bildet, die gegen Metalloberflächen so wirken können, daß sie von denselben feine Spähne (Feilspähne) ablösen.

Die verschiedenen Arten von Feilen, derer man sich zur Bearbeitung der Metalle bedient, sind kaum erschöpfend aufzuzählen. Im Allgemeinen unterscheiden sich die Feilen in folgenden Punkten von einander:

a) in der Länge;
b) in der Form des Grundrisses;
c) in der Form des Querschnittes;
d) in der Form der Schärfung (des Hiebes).

a) Länge der Feilen.

Unter der Länge der Feilen versteht man die Entfernung des äußersten Endes der Feile bis zum Anfange der Angel oder der Haspe, mit welcher sie in dem hölzernen Stiel befestigt werden. Die am häufigsten vorkommenden Längen sind 6 Zoll, 9 Zoll und 12 Zoll, doch hat man außerhalb dieser Grenzen Feilen von ¾ Zoll Länge für Uhrenmacher, und Feilen von 16 bis 18 Zoll Länge, ja bis 24 Zoll zur Bearbeitung aus dem Groben (Armfeilen). Die in mechanischen Werkstätten am häufigsten gebrauchten Feilen haben 8 bis 20 Zoll Länge.

b) Form des Grundrisses.

Nach der Form des Grundrisses der Feilen unterscheidet man in der Hauptsache drei verschiedene Arten:

1) parallele Feilen, deren Grundriß (mit Ausschluß der Angel) ein Rechteck ist;

2) verjüngte Feilen (blunt-files), in deren Grundriß die beiden Langseiten nach dem Ende hin sich einander nähern und dabei entweder geradlinig, oder ein wenig gekrümmt sind.

3) Spitzfeilen (taper-files), deren Langseiten zu einer Spitze zusammenlaufen.

Gewöhnlich ist die Mittellinie der Feilen geradlinig, nur zu besondern Zwecken hat man auch Feilen, deren Mittellinie gekrümmt ist.

c) Form des Querschnittes der Feilen.

In der Form des Querschnittes sind die Feilen außerordentlich verschieden; im Allgemeinen lassen sich drei Grundformen unterscheiden, von denen die andern abgeleitet sind, nämlich das Viereck, der Kreis und das Dreieck. Unter den Feilen, deren Querschnitt ein Viereck ist, hat man Feilen mit quadratischem Querschnitt (Armfeilen), mit rechteckigem Querschnitt von verschiedenem Seitenverhältniß (Flachfeilen, Handfeilen, Ansatzfeilen, Dickflachfeilen, Dünnflachfeilen); ferner mit rhomboidischem Querschnitt (französische Ansatzfeilen, Einstreichfeilen; V-Feilen von der Form der Nuthen, die man damit ausfeilen kann, so genannt); sodann Feilen mit trapezförmigem Querschnitt (Messerfeilen, wegen der Aehnlichkeit der Form mit einem Messer); endlich Feilen mit flachem Querschnitt, der durch zwei parallele Flächen begrenzt ist, die an den schmalen Seiten durch Abrundungen verbunden sind (Gabelfeilen).

Feilen, deren Querschnittsform die Kreisform zu Grunde liegt, sind im Wesentlichen folgende: Feilen mit kreisförmigem Querschnitt (Rundfeilen, Rattenschwänze); Feilen, deren Querschnitt ein Kreissegment ist (halbrunde Feilen, Ausrundefeilen, sie sind gewöhnlich Spitzfeilen). Feilen, deren Querschnitt von zwei converen, sich schneidenden Kreisbogen gebildet wird (Vogelzungen); Feilen mit elliptischem Querschnitt, mit halbmondförmigem Querschnitt u. s. w.

Feilen, deren Querschnittsform vom Dreieck abgeleitet ist, haben entweder ein gleichseitiges Dreieck im Querschnitt (dreikantige Feilen, Sägefeilen), oder nur ein gleichschenkliges Dreieck, bald mit stumpfem, bald mit spitzem Winkel zwischen den gleichen Schenkeln (Kantenfeilen, Nuthenfeilen) u. s. w.

d) Hieb der Feilen.

In Betreff des Hiebes unterscheiden sich die Feilen sowohl nach der Zahl der Seiten, welche mit einem Hiebe versehen sind, als auch nach der Feinheit und Form des Hiebes.

Flache Feilen sind oft nur an den beiden breiten Seiten, nicht aber an den schmalen Seiten, mit einem Hiebe versehen, solche Feilen heißen An-

satzfeilen. Halbrunde Feilen haben oft nur auf der convexen Oberfläche, nicht aber auf der ebenen Oberfläche, Schärfung; dergleichen Feilen heißen Ausrundefeilen. Bei manchen Feilen sind noch die Kanten der Begrenzung wenig gebrochen und mit einem feinen Hiebe versehen; dergleichen Feilen heißen Sägefeilen, namentlich wenn sie einen dreieckigen Querschnitt haben, doch hat man auch flache Sägefeilen.

In Bezug auf die Art des Hiebes unterscheidet man zunächst:

a) Feilen mit einfachem Hiebe;
b) Feilen mit zweifachem Hiebe (mit Ober- und Unterhieb);
c) Raspeln.

Die Feilen mit einfachem Hiebe haben meist parallele, mit einem Meißel eingehauene Zähne, die gewöhnlich rechtwinklig, zuweilen auch geneigt gegen die Mittellinie der Feile stehen; sie werden, wie die Raspeln, deren Zähne nur aus einzelnen mit einem spitzen Meißel aufgehauenen Spitzen bestehen, nur zum Feilen weicher Metalle, oder zur Bearbeitung des Holzes angewandt.

Die zur Bearbeitung des Eisens am häufigsten angewandten Feilen sind solche mit zweifachem Hiebe. Der Unterhieb, auch Grundhieb genannt, ist gewöhnlich etwas mehr gegen die Mittellinie geneigt, als der Oberhieb oder Kreuzhieb, welcher etwas steiler ist, als der Unterhieb; auch ist der Unterhieb gewöhnlich etwas weitläufiger als der Oberhieb; das heißt: es sind auf einer gegebenen Länge weniger Meißelschläge im Unterhiebe, als im Oberhiebe. Der Unterschied beträgt auf einen Zoll Länge bei gewöhnlichen Feilen etwa 3 bis 4 Hiebe, bei feinen Feilen 6 bis 7 Hiebe.

Die Feinheit des Hiebes ist theils durch die Tiefe der Feilenzähne, theils durch den Winkel, unter welchem der Meißel beim Hauen der Zähne gegen die Oberfläche der Feile geneigt worden ist, theils endlich durch die Entfernung der einzelnen Hauschläge von einander bedingt. Man unterscheidet im Allgemeinen drei Hauptstufen der Feinheit, die noch ebensoviel Zwischenstufen haben. Die Hauptstufen sind in folgender Uebersicht mit gesperrter Schrift gedruckt:

Grober Hieb (Rough-cut);
  Mittelhieb (Middle-cut);
Bastardhieb oder Vorfeilenhieb (Bastard-cut);
  Halbschlicht (Second-cut);
Schlichtfeilenhieb (Smooth-cut);
  Feinschlicht (Dead-smooth auch Superfine-cut).

Diese Bezeichnungen geben nicht bestimmte Entfernungen der Hauschläge; sie sind vielmehr relativ zu nehmen, indem bei derselben Zahl von Hauschlägen auf einen Zoll Länge eine lange Feile als Bastardfeile bezeichnet wird, während ein kurze Feile noch als grobe Feile gilt. Je kürzer die Feilen sind, desto mehr Hiebe haben sie auf eine bestimmte Länge bei gegebener Feinheit.

Die gröbsten Feilen sind die Armfeilen, welche 12 bis 24 Zoll lang, in der Mitte 1 bis 2 Zoll im Quadrat messen und in bauchiger Begrenzung sich von der Mitte nach den Enden hin spitzig verlaufen; sie haben im

Oberhiebe 10 bis 27 Hauschläge auf einem Zoll Länge; die nächste Sorte Feilen mit grobem Hiebe sind die Strohfeilen, so genannt, weil sie in Stroh verpackt in den Handel kommen; es sind flache, auch halbrunde Feilen, die ebenfalls nach den Enden hin sich verjüngen, und haben auf jedem Zoll Länge 15 bis 25 Hauschläge; ihre Länge ist 8 bis 14 Zoll.

Die Vorfeilen mit Bastardhieb sind theils flache Feilen von 6½ bis 14 Zoll Länge, theils halbrunde Feilen und Messerfeilen von 3½ bis 6 Zoll Länge; die Zahl der Hauschläge beträgt im Bastardhiebe bei den kleinsten Feilen 76, bei den größten 22 auf einem Zoll Länge.

Die Schlichtfeilen sind gewöhnlich flache Feilen; man wendet sie von 6½ bis 14 Zoll Länge an mit einer Zahl von 117 bis 50 Hieben auf einem Zoll Länge.

Die Feinschlichtfeilen haben 4 bis 16 Zoll Länge und etwa 216 bis 76 Hauschläge auf jedem Zoll.

Im Handel werden die ganz groben Feilen (Armfeilen) nach dem Gewicht bestimmt; ihr Gewicht variirt zwischen 2 Pfund und 12 Pfund, seltener beträgt es 15 bis 18 Pfund; am häufigsten werden vierpfündige Armfeilen im Maschinenbau gebraucht. Andere Feilen kauft man nach der Stückzahl und bestimmt sie nach den Zollen der Länge, welche sie besitzen. Die kleinsten Feilen werden in Bunden von 3 bis 16 Stück verkauft, man nennt sie deshalb Bundfeilen.

4) Die Vorrichtungen zum Schleifen.

Ueber die Anwendung des Schleifens zur Vollendung der Arbeiten haben wir bereits in §. 93, S. 531 gesprochen, auch ist das Prinzip des Schleifens in §. 94, S. 534 angedeutet worden.

Die gröbsten Schleifarbeiten werden auf rotirenden Schleifsteinen vorgenommen. Die rotirenden Schleifsteine sind thonige Sandsteine von mehr oder weniger feinem Korn, der Durchmesser der größten Schleifsteine beträgt 8 bis 10 Fuß; der kleinsten etwa nur 3 Zoll, ihre Dicke variirt zwischen 2 bis 8 Zoll. Die Peripheriegeschwindigkeit der Schleifsteine ist etwa zwischen 20 und 30 Fuß in der Secunde anzunehmen, wonach sich bei gegebenem Durchmesser die Anzahl der Umdrehungen richtet. Das Schleifen geschieht gewöhnlich mit Wasser, seltener und nur bei gewissen Fabrikationen ist das Trockenschleifen im Gebrauch.

Feinere Sachen werden auf Handsteinen geschliffen, die entweder feine Sandsteine zum Schleifen mit Wasser, oder Wetzsteine (Thonschiefer) zum Schleifen mit Oel oder auch mit Wasser sind. Entweder steht hierbei der Stein auf fester Unterlage und man bewegt den zu schleifenden Gegenstand, oder man führt den Stein mit der Hand über das Arbeitsstück.

Viele Gegenstände bekommen ihre Vollendung durch Schleifen mit Schleifpulver, indem man dasselbe entweder mit Oel oder mit Wasser anrührt, oder auch trocken verbraucht. Man thut das Schleifpulver auf Holzstücke (Schleifkluppen, Schmirgelkluppen, Schmirgelhölzer) oder auf Lappen von Leder,

Zeug oder Papier, und schleift häufig das Arbeitsstück, indem man es auf der Drehbank in rotirende Bewegung setzt. Andere Gegenstände werden gegen einander abgeschliffen, noch andere schleift man auf ebenen Platten von Gußeisen, Mormor oder Granit. Die wichtigsten Arten von Schleifpulver sind Schmirgel, Hammerschlag, Blutstein, feiner Quarzsand, Glaspulver, gepulverter Bimsstein. Man wendet dieselben oft so an, daß man eine mit Leim bestrichene Papier- oder Kattun-Oberfläche mit einer feinen Lage dieses Pulvers bedeckt und so Schmirgelpapier, Sandpapier, Schmirgelleinwand u. dgl. erzeugt.

Man hat auch Scheiben mit Leder überzogen, oder aus einer Zinncomposition hergestellt (Schleifscheiben, Zinnscheiben), zum Schleifen mit feinem Schleifpulver angewandt. Zum Schleifen harter Gegenstände (Glas, Steine u. dgl.) wendet man Kupferscheiben an.

§. 113.

Allgemeine Anordnung der Räumlichkeiten mechanischer Werkstätten.

Bei der Anlage mechanischer Werkstätten hat man im Allgemeinen auf folgende Punkte zu achten:

1) daß nicht nur für die Aufstellung der Werkzeugmaschinen, sondern auch zu ihrer Bedienung und zu ihrem Gebrauch der nöthige Raum vorhanden sei;
2) daß so viel als möglich alle Maschinen und alle Arbeitsplätze hinreichendes Tageslicht erhalten, um die darauf vorzunehmenden Arbeiten gut sehen zu können;
3) daß sowohl die Werkzeugmaschinen als die Arbeitsplätze leicht zugänglich seien, damit nicht nur die Arbeiter, ohne einander zu stören, an ihre Plätze gelangen können, sondern auch der Transport der Arbeitsstücke ohne Störung sich ausführen lasse;
4) daß die größern und schwerern Werkzeugmaschinen der Betriebsmaschine möglichst nahe, und die leichtern Werkzeugmaschinen entfernter aufgestellt werden;
5) daß die Werkzeugmaschinen so viel als möglich in solche Reihenfolge gebracht werden, daß das Arbeitsstück ohne Umwege von der einen auf die nächstfolgende übergehen könne;
6) daß diejenigen Maschinen und Arbeitsplätze, welche zur Bearbeitung größerer Arbeitsstücke dienen, den Eingängen möglichst nahe liegen, um das fertige Arbeitsstück leicht aus der Werkstatt schaffen und das neue leicht hineinbringen zu können;
7) daß die Transmissionswellen und die Betriebsriemen so liegen, daß sie den Arbeitern nicht störend, oder gar gefährlich werden; die Zahl der Umdrehungen der Haupttriebwelle kann 80 bis 100 in der Minute sein;
8) daß man die ganze Werkstatt von einem Punkte aus so vollkommen als möglich übersehen könne;
9) daß diejenigen Räumlichkeiten, in welchen Messing, Bronze und überhaupt

werthvollere Metalle bearbeitet werden, möglichst abgeschlossen, und von den übrigen getrennt seien;

10) daß die Arbeiter, ohne den Arbeitsraum zu verlassen, Gelegenheit zum Ausbessern, Härten und Schleifen ihrer Werkzeuge finden;

11) daß die Werkstatt gehörig ventilirt sei;

12) daß die Werkstatt bei Abend gehörig zu erleuchten, und im Winter angemessen zu erwärmen sei.

Die Räumlichkeiten für die Werkstätten sind daher am besten lange Rechtecke, die nicht zu große Tiefe und auf beiden Seiten Fenster haben; man giebt ihnen oft mehrere Stockwerke. Das Erdgeschoß, etwa 10 bis 11 Fuß hoch, enthält die Dampfmaschine und die schweren Werkzeugmaschinen; der erste Stock nimmt die leichtern Werkzeugmaschinen auf, die noch durch Maschinenbetrieb in Bewegung gesetzt werden; er ist 9 bis 10 Fuß hoch; der zweite Stock, welcher 8 bis 9 Fuß hoch ist, enthält die Werkzeugmaschinen, die durch Arbeiter bewegt werden, die Fußdrehbänke, Handhobelmaschinen, Handbohrmaschinen u. s. w.

Jedes dieser Stockwerke enthält ein oder mehrere kleine Bureaux für die Meister oder Werkführer; aus diesen Bureaux muß die betreffende Abtheilung der Werkstatt gut übersehen werden können.

Die einzelnen Stockwerke sind durch hinreichend geräumige Treppen mit einander zu verbinden. Zweckmäßig ist es, in der Nähe der Treppen Windevorrichtungen anzubringen, um die Arbeitsstücke in die verschiedenen Räume zu schaffen.

Da zu den Vollendungsarbeiten (§. 112) die Augen des Arbeiters besonders in Anspruch genommen werden, so bringt man zunächst an den Fenstern, der ganzen Länge der Räumlichkeit nach, die Arbeitsstellen mit Schraubstöcken an (Bankarbeiten). Man rechnet, daß jeder Schraubstock von dem folgenden 4 bis 5 Fuß entfernt sei, und daß mit Einschluß der Werkbank und der hinter den Schraubstöcken verbleibenden Passage jeder Arbeitsplatz an einem Schraubstock eine Tiefe von 4 bis 5 Fuß erfordere. Hiernach sind auf jeden Arbeitsplatz mit Schraubstock zu rechnen 16 bis 25 Quadratfuß Grundfläche.

Der Platz, welchen die Drehbänke, die Hobelmaschinen u. s. w. einnehmen, ist natürlich zunächst von dem Grundriß dieser Maschinen selbst abhängig, und es lassen sich darüber absolute Angaben nicht machen. Indessen kann man an der Arbeitsseite der Maschinen und deren ganzer Länge nach durchschnittlich einen freien Raum rechnen, dessen Breite beträgt:

bei großen Drehbänken	5	bis	6	Fuß.
„ kleinern Drehbänken	3	„	4	„
„ großen Hobelmaschinen	4	„	5	„
„ kleinern Hobelmaschinen	2 ½	„	3 ½	„
„ Bohrmaschinen	3	„	5	„
„ Cylinderbohrmaschinen	3	„	6	„
„ Schraubenschneide- und Mutternfraise-Maschinen	2 ½	„	3 ½	„
„ Rundhobelmaschinen	2	„	3	„
„ Ruthenstoßmaschinen	6	„	8	„

An der Rückseite der Maschinen und an den Enden hat man einen freien Raum zu geben, der etwa $\frac{1}{4}$ so breit ist, als an der Arbeitsseite; so daß man durchschnittlich rechnen kann, daß jede Werkzeugmaschine zu ihrer Aufstellung in der Werkstatt eine Grundfläche braucht, die außer dem eigentlichen Grundriß der Maschine für jeden Fuß der Länge nach 4 bis 6 Quadratfuß und für jeden Fuß der Breite nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Quadratfuß erfordert.

So würde z. B. die auf Taf. XXVI. Fig. 1 gezeichnete kleine Fußdrehbank, die bei einer Länge von 4′ 8″ und bei einer Breite von 2′ 2″ einen Grundriß von $10\frac{1}{6}$ Quadratfuß hat, zu ihrer Aufstellung mindestens noch

$$4\frac{2}{3} \cdot 4 + 2\frac{1}{6} = 21 \text{ Quadratfuß},$$

im Ganzen also in runder Summe $10\frac{1}{6} + 21 = 32$ Quadratfuß erfordern, d. i. 6 Fuß Länge und $5\frac{1}{3}$ Fuß Breite.

Außerdem sind noch bei der Aufstellung der Werkzeugmaschinen die Räumlichkeiten für die Passagen zu berücksichtigen.

Gestattet die Lokalität nicht, die mechanischen Werkstätten in Räumlichkeiten, wie die vorhin angedeuteten, die bei großer Länge mäßige Tiefe haben, anzuordnen, so pflegt man auch so zu bauen, daß man bei größerer Tiefe der Gebäude für den mittlern Theil des Grundrisses das Licht von oben einfallen läßt. Das Erdgeschoß ist ohne Zwischendecke bis zum Dach hinauf geführt, um hier ein einfallendes Licht zu gewinnen; die leichtern Maschinen und die Schraubstöcke werden bei dieser Anordnung auf Gallerien gestellt, die an den mit Fenstern versehenen Wänden rings herum laufen.

Außer den Räumlichkeiten für die Aufstellung der Werkzeugmaschinen und für die Anordnung der Schraubstöcke, erfordert jede größere Maschinenfabrik noch folgende Nebenräume:

1) eine Montirungswerkstatt;
2) einen Saal für die Zeichner und Constructeurs;
3) ein kaufmännisches Comptoir;
4) Magazine für vorräthige Materialien;
5) Räumlichkeiten für fertige Maschinen und für solche Maschinentheile, welche erst in Arbeit kommen sollen.

Die Montirungswerkstatt kann von der eigentlichen mechanischen Werkstatt getrennt sein, da man beim Montiren die Kraft der Dampfmaschine nicht braucht. Dagegen muß die Montirungswerkstatt hinreichende Höhe haben, um hohe Maschinen darin zusammenbauen zu können; sie muß mit den nöthigen Krahnen und Winden, am besten mit einem großen Laufkrahn, der sich über den ganzen Raum fortbewegt, oder mit einem transportabeln, auf einem Schienengeleise laufenden Krahn versehen sein.

Einige Schmiedefeuer, Bohrmaschinen und Schraubstöcke gehören zu den Erfordernissen der Montirungswerkstatt.

Die Montirungswerkstatt muß ferner mit hinreichend weiten und hohen Ausgangsöffnungen versehen sein. Die Zahl derselben, sowie ihre Lage verdienen nach der Art der zu erbauenden Maschinen besondere Beachtung.

Der Saal für die Zeichner und Constructeurs ist gewöhnlich in einem der obern Stockwerke der Fabrik oder in einem besondern Verwaltungsgebäude anzuordnen; er muß hell und so geräumig sein, daß man ohne Schwierigkeit Zeichnungen in natürlicher Größe, selbst für große Maschinentheile anfertigen kann. Auf jeden Zeichner sind durchschnittlich 25 bis 30 Quadratfuß zu rechnen.

Das kaufmännische Comptoir ist möglichst nahe dem Haupteingange des Fabrikgrundstückes anzulegen, und so, daß von demselben aus der Hofplatz und der Haupteingang übersehen werden können.

Das Magazin für die vorräthigen Materialien befindet sich am zweckmäßigsten in einem von den eigentlichen Fabrikräumen abgesonderten Gebäude, ebenso die Räumlichkeiten für fertige Maschinen. Die rohen Gußstücke, welche ihrer Bearbeitung in der mechanischen Werkstatt harren, können auf dem Hofplatz im Freien, oder unter Schuppen aufgestellt werden.

§. 114.

Beschreibung einiger ausgeführter Anlagen von mechanischen Werkstätten.

Zur Erläuterung des Vorstehenden haben wir in den Tafeln XLI. und XLII. einige mechanische Werkstätten ihrer Räumlichkeit und Anordnung nach dargestellt.

Taf. XLI. giebt die mechanische Werkstatt von Decoster in Paris nach Zeichnungen von Armengaud. In derselben werden vorzugsweise Werkzeugmaschinen und Maschinen für Spinnerei und Weberei angefertigt. Fig. A zeigt den allgemeinen Grundriß der ganzen Anlage; Fig. B ist ein Querschnitt nach der Linie 1—2—3—4 der Fig. A. Fig. C ist ein Längenschnitt durch die ganze Anlage nach der Linie 5—6 in Fig. A, und endlich Fig. D ist ein Längendurchschnitt der Schmiedewerkstätten nach der Linie 7—8 des Grundrisses. Sämmtliche Figuren sind in einem Maaßstabe von $^1/_{200}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Der mechanische Betrieb der ganzen Fabrik erfolgt durch zwei Dampfmaschinen; die eine A ist die ältere und hat 12 Pferdekraft, die andere A′ wurde bei Vergrößerung des Etablissements später aufgestellt, und hat 16 Pferdekraft. Beide sind Hochdruckmaschinen, welche mit $4^1/_2$ bis 5 Atmosphären Spannung arbeiten; die kleinere A macht 30 bis 32, die größere A′ macht 26 bis 28 Umdrehungen in der Minute; die Maschinen arbeiten mit $^1/_3$ bis $^1/_2$ Füllung.

Die Kessel für beide Maschinen liegen unmittelbar neben dem Maschinenraum bei BB; es sind deren drei, von denen jeder aus einem cylindrischen Hauptkessel mit zwei Siederöhren besteht. Alle drei Kessel haben den gemeinschaftlichen Schornstein C. In einem Raum neben den Kesseln sind Wasserreservoirs DD angeordnet, die für den Fall einer Feuersgefahr bestimmt sind.

Die Maschinen selbst stehen an einem Ende des Hauptgebäudes, welches im Erdgeschoß die Dreherei (Werkstätte für die Drehbänke) F, sodann den

Raum für die Hobelmaschinen H, und zwischen beiden die Montirungswerkstätte G enthält. An beiden Enden dieses Gebäudes befinden sich bei E und E' Haupttreppen, um nach den obern Stockwerken zu gelangen. Neben den Hobelmaschinen liegt die Schleiferei I.

Das Hauptgebäude theilt das ganze Grundstück in zwei Höfe. Der größere Hof wird, dem Hauptgebäude parallel gegenüberliegend, durch ein einstockiges Gebäude begrenzt, das bei J die Schmiedewerkstatt enthält, und neben derselben bei K Vorrathsräume für Schmiedekohlen und bei L Vorrathsräume für die zur Kesselfeuerung bestimmten Kohlen. In der Ecke rechts befindet sich eine kleine Metallgießerei.

Auf diesem Haupthofe ist bei N ein Eisenmagazin, und bei O eine Schmiede mit zwei Feuern angeordnet, die zur Reparatur und zur Schärfung der Werkzeuge dient.

Die kleinern Werkzeugmaschinen sind im ersten Stock bei P aufgestellt und der zweite Stock enthält bei Q die Tischlerwerkstatt.

Nach dieser allgemeinen Disposition haben wir noch die einzelnen Werkstätten durchzugehen.

Die erste Dampfmaschine A überträgt die Bewegung mittelst konischer Räder a an eine stehende Welle b, welche bis zur Decke der ersten Etage reicht, und sowohl im Erdgeschoß, als im ersten Stock die liegenden Hauptwellen c und c' abzweigt. Die zweite Dampfmaschine überträgt in gleicher Weise die Bewegung mittelst der konischen Räder a' an eine stehende Welle, die aber nur bis zur Decke des Erdgeschoßes hinaufreicht und sich dann in eine liegende Welle zum Betriebe der Hobelmaschinen und der Schleiferei abzweigt. Eine im Grundriß punktirte Welle d dient dazu, um beide Dampfmaschinen nach Erfordern kuppeln zu können. Anstatt der Bewegungsübertragung durch konische Räder und stehende Wellen hätte man besser die Bewegungsübertragung durch Riemscheiben bewirkt, oder die Dampfmaschinen so angeordnet, daß die Schwungradwelle nach oben anstatt nach unten gelegt wäre.

Die Hauptwellen c c' sind von Schmiedeeisen, ihrer ganzen Länge nach abgedreht und mittelst gußeiserner Muffen gekuppelt; sie tragen die verschiedenen Riemscheiben und Stufenscheiben zum Betriebe der einzelnen Maschinen. Die Lager der Hauptwellen sind an den eisernen Säulen e e befestigt, welche zur Unterstützung der Etagenbalken dienen, und durch die beiden untern Stockwerke hindurch reichen; die obere (Dachetage) hat hölzerne Stiele.

Die große Dreherei F im Erdgeschoß enthält zwei parallele Reihen von Drehbänken; die innere Reihe, in welcher die Drehbänke Nro. 1 bis 9 stehen, hat die schwereren Drehbänke mit eisernem Bett; die in der äußern Reihe stehenden Drehbänke Nro. 10 bis 23 sind kleiner und haben hölzerne Betten mit eisernen Schuhen.

Die neben der Dreherei befindliche Montirungswerkstätte hat ringsum ein Schienengeleise, auf welchem sich ein transportabler Krahn und niedrige Rollwagen verschieben lassen. Dieser Raum enthält noch folgende Werkzeugmaschinen:

Nro. 24, 25, 26, 27 vertikale Bohrmaschinen.
„ 28 eine Krahnbohrmaschine.
„ 29 und 30 zwei kleine Rundhobelmaschinen.
„ 31 und 32 zwei Ruthenstoßmaschinen.
„ 33 eine Kreistheilmaschine.
„ 34 verschiedene Drehschleifsteine, um die Werkzeuge zu schleifen.
„ 35 einen transportabeln Krahn zum Aufstellen von Maschinen.
„ 36 drei Werkbänke mit 31 Schraubstöcken für die Montirungsarbeiten.

Die Werkstatt für die Hobelmaschinen liegt in einem Anbau vor dem Hauptgebäude; sie enthält:

Nro. 37, 38, 39, 40 vier große Hobelmaschinen.
„ 41, 42, 43 drei lange und schmale Hobelmaschinen.
„ 44, 45, 46, 47, 48 fünf kleinere Hobelmaschinen.
„ 49, 50 zwei große Drehbänke mit Einrichtung zum Schraubenschneiden.
„ 51 eine große Scheibendrehbank.
„ 52 eine Maschine zum Schrauben- und Mutternschneiden.
„ 53 und 54 kleine Cylinderbohrmaschinen.
„ 55 eine vertikale Planscheibe zum Theilen und Schneiden der Radzähne.
„ 56 eine Maschine zum Schneiden und Schleifen der Hechelstäbe für Flachsspinn-Maschinen.
„ 57 einen beweglichen Krahn, der auf einem Schienengeleise läuft und zum Dienste bei den großen Hobelmaschinen bestimmt ist.

Die neben der Werkstatt für die Hobelmaschinen liegende Schleiferei besitzt unter

Nro. 58 einen großen Schleifstein.
„ 59 zwei kleinere Schleifsteine.
„ 60 und 61 Schmirgel- und Polirscheiben.

Auf dem kleinern Hofe neben diesen Räumen befindet sich bei

Nro. 62 eine Brückenwaage und bei
„ 63 eine Feuerspritze neben der Pförtnerwohnung.

Der erste oder größere Hof hat bei

Nro. 64 einen Krahn zum Verladen, und bei
„ 65 eine Brückenwaage.

Die Schmiedewerkstätten haben bei

Nro. 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72 sieben doppelte Schmiedefeuer, im Ganzen also 14 Feuer.

Jedes Doppelfeuer hat einen Schraubstock.

Der Ventilator zum Betriebe der Schmiedefeuer liegt bei h und wird durch eine von der Welle c abgezweigte, quer über den Hof geführte Wellenleitung bewegt. Zweckmäßiger würde es sein, den Ventilator näher an die Wellenleitung c (in dem Erdgeschoß des Raumes F) zu legen, und eine unterirdische Windleitung nach den Schmiedefeuern zu führen.

Bei i ist in der Schmiedewerkstatt noch ein Fallhammer mit Hebedaumen aufgestellt.

Die Werkstatträume im ersten Stock des Hauptgebäudes P enthalten folgende Werkzeugmaschinen.

Nro. 73 eine Reihe von kleinern Drehbänken verschiedener Einrichtung und Construction.

„ 74 mehrere an den Säulen befestigte vertikale Bohrmaschinen.

„ 75 verschiedene Rundhobelmaschinen.

„ 76 mehrere im Lokal angemessen vertheilte Schleifsteine.

„ 77 eine kleine Theilmaschine.

„ 78 eine Maschine zum Schraubenschneiden.

„ 79 ein kleines Schmiedefeuer mit Ambos zum Schärfen der Werkzeuge.

Die Tischlerei endlich in der Dachetage Q enthält außer einem Vorrath an Modellen und Holz, noch einige zusammengestellte Spinnmaschinen, sodann:

Nro. 80 verschiedene Hobelbänke für Tischler.

„ 81 eine große Kreissäge.

„ 82 zwei kleinere Kreissägen.

„ 83 eine Ziehbank.

„ 84, 85, 86 verschiedene Bohrmaschinen, Rundhobelmaschinen und Nuthmaschinen mit den zugehörigen Schraubstöcken.

„ 87 eine Winde mit Räderwerk.

„ 88 eine Leimküche für die Tischler.

Eine andere Maschinenfabrik ist in Bezug auf die allgemeine Räumlichkeit auf Taf. XLII. Fig. 1 dargestellt. Es ist das Fabrikgebäude der Maschinenfabrik von Hoppe in Berlin. Fig. 1^a zeigt die Ansicht der Façade, Fig. 1^b die Giebelansicht, Fig. 1^c den Grundriß des Erdgeschosses, Fig. 1^d den Querschnitt des Hauptgebäudes, Fig. 1^e den Querschnitt und Fig. 1^f den Längenschnitt des Kesselhauses. Sämmtliche Figuren sind in $1/_{240}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Das Hauptgebäude ist durch eine Querwand in zwei Abtheilungen von verschiedener Größe getheilt; die kleinere Abtheilung enthält die Kesselschmiede mit einem doppelten Schmiedefeuer, und mit den nöthigen Werkzeugmaschinen; sie hat ein geräumiges Eingangsthor, welches nach dem davorliegenden Hofplatz führt. Neben der Kesselschmiede liegt die Messing- und Bronzegießerei und daneben der Raum für die Dampfmaschine. Der Schornstein für den Dampfkessel dient zugleich für einen Glühofen für Kesselbleche.

Die größere Abtheilung des Grundrisses dient in der Mitte zum Montiren der Maschinen. An dem einen Ende sind verschiedene Schmiedefeuer angeordnet, und an jeder Fensterreihe befinden sich Werkbänke mit Schraubstöcken (im Ganzen 30 Schraubstöcke). Hinter den Schraubstöcken sind die Werkzeugmaschinen aufgestellt, deren Betriebswellenleitung an den Stielen entlang geht, welche zur Unterstützung der Träger dienen. — Das den Schmiedefeuern gegenüberliegende Giebelende hat einen hinreichend breiten und hohen Eingang; neben demselben liegt die massive Treppe zu den obern Räumen, und vor dem Eingang liegt ein hölzerner Vorbau mit Windevorrichtung, die theils

beim Verladen der Maschinen benutzt wird, theils aber auch den Zweck hat, schwere Gegenstände in das obere Stockwerk zu schaffen.

Das erste Stockwerk bildet einen einzigen großen Arbeitssaal, in welchem nur durch hölzerne Querwände Räume für die Zeichner und Constructeurs, sowie Bureaus für Werkstatt-Vorsteher abgeschieden sind. Im Uebrigen enthält dieser Saal an den Fenstern Schraubstöcke und dahinter verschiedene kleinere Werkzeugmaschinen, namentlich Drehbänke, Plan- und Rund-Hobelmaschinen, Bohrmaschinen u. s. w.

Das oberste Stockwerk (die Dachetage) enthält die Räumlichkeiten für die Tischlerwerkstätten; Vorrathsräume für Gußmodelle, für Holz und andere Vorräthe.

Die Façade ist in Rohbau, einfach, und der Bestimmung des Gebäudes angemessen gehalten.

Die ganze Anlage zeichnet sich durch große Einfachheit und Uebersichtlichkeit aus.

Taf. XLII. Fig. 2 endlich zeigt die Räume der mechanischen Werkstatt des Königlichen Gewerbe-Instituts zu Berlin. Fig. 2[a] ist der Grundriß des Erdgeschosses, Fig. 2[b] ist ein Theil des unter der großen Bronzegießerei liegenden Souterrains, und Fig. 2[c] ist das Souterrain unter den Räumen VII[a], IX[a], X[a], XI[a] und XII[a]. Die mit VII[b], IX[b], X[b], XI[b], XII[b] und XV[b] bezeichneten Räume des Souterrains in den Figuren 2[b] und 2[c] entsprechen den mit gleicher Zahl und der Marke a bezeichneten Räumen im Erdgeschoß. Sämmtliche Figuren sind in $^1/_{216}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Die Werkstatt selbst nimmt nur das Erdgeschoß und das Souterrain ein; die über dem Erdgeschoß in dem ersten und zweiten Stock liegenden Räume sind zu andern Zwecken bestimmt. Das Licht empfangen die Werkstatträume von zwei größern Höfen, welche die Werkstatt mit den übrigen Lokalitäten des Königlichen Gewerbehauses gemeinschaftlich hat, und außerdem von zwei kleinern Höfen, die mit Nro. VIII. und Nro. XIII. bezeichnet sind, und welche nur für die Werkstatt dienen.

Die Werkstatträume zerfallen in folgende Hauptgruppen:

A) die mechanische Werkstatt, umfassend die Räume I bis V.
B) die Tischlerei für Gußmodelle (VI[a]).
C) das Bureau des Ingenieurs (VII[a]).
D) die Gießereiwerkstätten umfassen die Räume IX[a und b], X[a und b], XI[a und b], XII[a und b] und XV[a und b]. — Diese Werkstätten sind bereits in §. 92 auf S. 527 beschrieben worden.
E) die Montirungswerkstatt XIV, welche zur Zeit anderweitig benutzt und mit Hobelbänken für Tischlerei besetzt ist.

Die mechanischen Werkstätten sind in fünf Räumen, die in unmittelbarer Verbindung mit einander stehen, vertheilt; die Schmiedewerkstatt liegt im Souterrain unter dem Raume III. Der Raum V enthält die Dampfmaschine zum Betriebe der Werkzeugmaschinen und die schwereren Werkzeugmaschinen, nämlich eine große Drehbank mit 10füßiger Planscheibe, daneben eine Ziehbank für Röhren, sodann eine große Drehbank (Taf. XXVIII. und XXIX. mitgetheilt, §. 100, S. 570 beschrieben) von Hamann, zwei große Hobel-

maschinen (die eine mit drehbarem Stichel — Taf. XXXIX. mitgetheilt, §. 109, S. 628 beschrieben), vier kleinere Drehbänke, eine kleine Hobelmaschine, eine Bohrmaschine, eine Maschine zum Rädertheilen und Schneiden; eine Kreisscheere (Taf. XI., Fig. 2, §. 79, S. 429), eine Maschine zum Schneiden und Lochen der Bleche (Taf. XI., Fig. 1, §. 74, S. 429) und einen Schleifstein; außerdem noch an der Fensterreihe eine Werkbank mit 8 Schraubstöcken (Nro. 18 bis 25).

Der Raum Nro. III. enthält an der Fensterreihe eine Werkbank mit 7 Schraubstöcken (Nro. 1 bis 7), dahinter 6 Drehbänke in einer Reihe (deren die eine Taf. XXVII. mitgetheilt, §. 100, S. 569 beschrieben), sodann noch eine Drehbank, 3 Hobelmaschinen, 3 Bohrmaschinen (deren die eine Taf. XXXIV. Fig. 1 mitgetheilt, §. 103, S. 594 beschrieben), ferner eine Maschine zum Schraubenschneiden, eine Maschine zum Mutternfraisen und ein kleines Walzwerk.

Der Raum Nro. IV. enthält an der Fensterreihe eine Werkbank mit 10 Schraubstöcken (Nro. 8 bis 17), hinter denselben in einer Reihe 7 Fußdrehbänke und eine Hobelmaschine für Handbetrieb, und an der Hinterwand eine Nuthenstoßmaschine, eine Bohrmaschine, eine Räderfraise (Taf. XVI. mitgetheilt, §. 79, S. 455 beschrieben), eine Drehbank für Modelltischlerei.

Der Raum Nro. II. enthält noch vier Schraubstöcke (Nro. 24 bis 26), so daß im Ganzen deren 26 vorhanden sind, ferner eine Hobelmaschine und eine Drehbank.

Der Raum Nro. I. ist ein Vorrathsraum für Materialien und Handwerkzeuge; außerdem ist darin noch ein starkes Prägewerk aufgestellt.

Die Modelltischlerei enthält 8 Hobelbänke für Tischler, eine Drehbank, einen Schraubstock, eine kleine Kreissäge (Taf. XV. mitgetheilt, §. 78, S. 449 beschrieben), eine Schleifbank und eine Leimküche.

Die im Souterrain liegende Schmiedewerkstatt hat einen Ausgang nach dem Hofplatz Nro. VIII., auf welchem größere Niet- und Kesselschmiede-Arbeiten vorgenommen werden können.

Der zum Betriebe der Dampfmaschine dienende Kessel liegt ebenfalls im Souterrain.

Ein Umbau der Lokalitäten des Königl. Gewerbe-Instituts, der zur Zeit im Werke ist, wird einige Aenderungen in dieser Anordnung herbeiführen.